



Kväveupptag i höstvete

– hur påverkar förfrukten, jordarten och vädret?

Nitrogen uptake in winter wheat – what is the influence of preceding crop, soil characteristics and weather?

Lovisa Nissen

Självständigt arbete i biologi • 15 hp

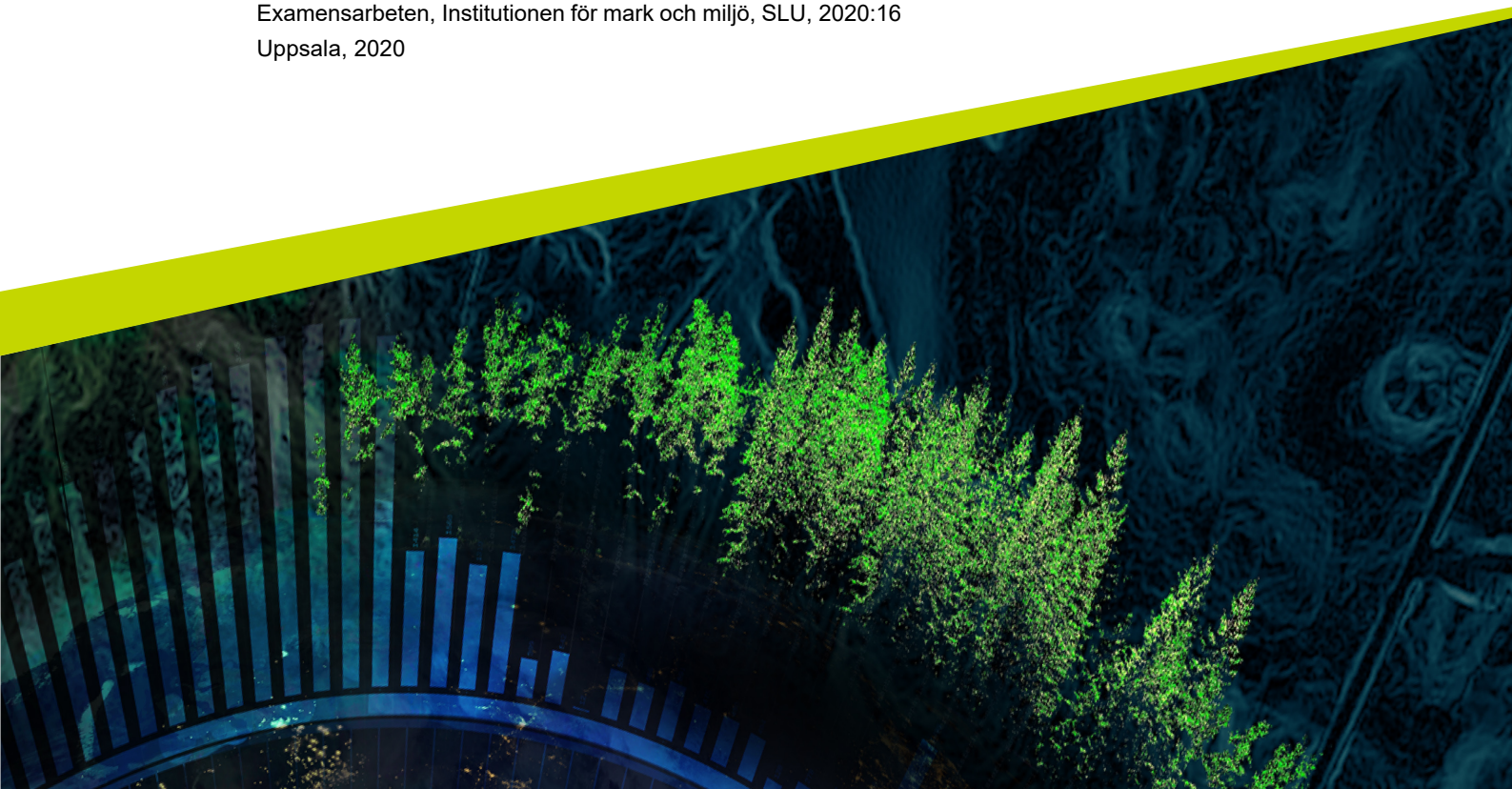
Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap/Institutionen för mark och miljö

Agronomprogrammet mark/växt

Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU, 2020:16

Uppsala, 2020



Kväveupptag i höstveten – hur påverkar förfrukten, jordarten och vädret?

Nitrogen uptake in winter wheat – What is the influence of preceding crop, soil characteristics and weather?

Lovisa Nissen

Handledare: Karin Hamnér, Institutionen för mark och miljö, SLU
Examinator: Helena Aronsson, Institutionen för mark och miljö, SLU

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronomprogrammet mark/växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2020
Serietitel: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
Delnummer i serien: 2020:16

Nyckelord: mullhalt, jordart, väder, temperatursumma, nederbörd

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

I jordbruket har behovet att utnyttja alla resurser effektivt blivit allt viktigare på senare år. Att ta vara på alla kunskaper angående grödans kväveutnyttjande är viktigt både för miljön och lantbrukarens ekonomi. Därför behöver vi lära oss mer om vilka faktorer som påverkar grödans kväveupptag.

Sedan 2013 har Jordbruksverket analyserat höstvetets kväveupptag genom att anlägga så kallade nollrutor som inte gödslas. Kväveupptaget mäts både i rutorna och i det gödslade fältet. I detta kandidatarbete har dessa mätningar använts för att titta på hur vädret, marken och förfrukten kan påverka höstvetets kväveupptag. Nedslag har gjorts flera gånger under tillväxten på våren i syfte att titta på hur kväveupptaget förändrats.

Vid en analys av vädret under första halvåret av de aktuella åren (2013–2019) framkom att 2018 var det tydligt varmaste året, men inte det torraste. Torrast var istället 2013, medan 2015 var både kallast och blötest. Högre temperatursumma leder till ett högre utvecklingsstadium vid tillgång på kväve. Mellan utvecklingsstadium och kväveupptag finns ett tydligt samband.

Att odla höstvete efter stråsäd gav signifikant lägre kväveupptag än övriga förfrukter (huvudsakligen höstraps och ärt). En jämförelse mellan enskilda förfrukter visar att det bara var höstraps och klöverfrö som resulterade i signifikant högre kväveupptag än stråsäd. Fältets textur och mullhalt verkar inte påverka upptaget nämnvärt. Vid planering av gödslingsstrategi är det därför viktigt att känna till fältets förutsättningar, då i alla fall vädret och förfrukten kan påverka kvävebehovet.

Nyckelord: mullhalt, jordart, väder, temperatursumma, nederbörd

Abstract

In later years, the need to use resources efficiently in agriculture has become increasingly important. To use knowledge about nitrogen utilisation in crops is the key for reducing the environmental impact and for the economy of the farmer. Therefore, it is important to gain a higher understanding of the factors that affect nitrogen uptake in plants.

The Swedish board of agriculture has since 2013 measured nitrogen uptake in winter wheat in fields in the south and middle parts of Sweden. The measurements were carried out in plots with no nitrogen fertilization in arable fields as well as in fertilized parts of the same fields. These measurements have been the foundation of this evaluation, which investigates the influence of weather, soil, and preceding crop of the nitrogen uptake in winter wheat. To assess how the uptake changes during the season, several analyses have been made at different growth stages, DC24, DC37 and DC55 (Zadok scale).

In the evaluation of weather impact during the years in question (2013-2019), the particular years were compared to the average accumulated temperature and precipitation. 2018 was the warmest year while 2015 accumulated the lowest sum of temperature. 2015 had the highest amount of precipitation, while 2013 had the lowest precipitation. In the presence of nitrogen, a higher sum of temperature led to a higher growth stage. There was a clear correlation between growth stage and nitrogen uptake.

In fields where cereals had been grown as preceding crop, the uptake was significantly lower in the winter wheat than after other preceding crops. Significant difference in nitrogen uptake could mainly be seen after oil seed rape and clover and compared with cereals. The uptake did not seem to be affected by the soil texture or organic matter content. Thus, it is most important to accommodate for weather and preceding crop when fertilizing, since these are aspects that can influence the nitrogen demand of winter wheat.

Keywords: humus content, soil, weather, sum of temperature, precipitation

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	11
1. Inledning	13
2. Bakgrund	14
2.1. Kväve i marken	14
2.2. Faktorer som påverkar grödans kväveupptag	15
2.2.1. Vatten och temperatur	15
2.2.2. Markens egenskaper	16
2.2.3. Förfruktseffekt	17
2.3. Uppskattning av varierat kvävebehov	18
3. Material och Metod	19
3.1. Datainsamling	19
3.2. Analys	20
4. Resultat och Diskussion	21
4.1. Väder	21
4.1.1. Temperatursumma	21
4.1.2. Ackumulerad nederbörd	25
4.1.3. Skillnader i kväveupptag mellan år	30
4.1.4. Skillnader i kväveupptag mellan regioner	31
4.2. Markförhållanden	34
4.2.1. Jordart	34
4.2.2. Mullhalt	35
4.3. Förfrukt	37
4.4. Metoddiskussion och vidare forskning	40
5. Slutsatser	41
Referenser	42
Tack	45

Tabellförteckning

Tabell 1: Förfruksvärden för olika grödor där eftergrödan är höstvetete uppställt som kväveefterverkan (Jordbruksverket 2019).....	17
Tabell 2 Sammanställning av temperatursumma och ackumulerad nederbörd under perioden 1 januari - 30 juni i de olika regionerna Mitt, Öst, Väst och Syd.	22
Tabell 3: Ökat kväueupptag i höstvetete efter olika förfrukter i jämförelse med förfrukt stråsäd vid mätningar i nollrutor vid DC37 samt beräknad kväveefterverkan vid en uppskattad kväveeffektivitet på 75 %. Jämförelsevärden från Rekommendationer för gödsling och kalkning 2020 för justerade kvävegivor (Jordbruksverket 2019).....	40

Figurförteckning

Figur 1: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i Mitt.	22
Figur 2: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i region Öst.	23
Figur 3: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i region Väst.	23
Figur 4: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i region Syd.	24
Figur 5: Kväveupptag i gödslat fält mot temperatursumman vid DC24, DC37 och DC55.	25
Figur 6: Kväveupptag i nollrutor mot temperatursumman vid DC24, DC37 och DC55.	25
Figur 7: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Mitt under åren 2013–2019.	26
Figur 8: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Öst under åren 2013–2019.	26
Figur 9: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Väst under åren 2013–2019.	27
Figur 10: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Syd under åren 2013–2019.	28
Figur 11: Kväveupptag i gödslat fält mot mängd ackumulerad nederbörd vid DC24, DC37 och DC55.	29
Figur 12: Kväveupptag i nollruta mot mängd ackumulerad nederbörd vid DC24, DC37 och DC55.	29
Figur 13: Medelkväveupptag i gödslat fält och nollruta vid DC24. Skillnader mellan olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.	30
Figur 14: Medelkväveupptag i gödslat fält och nollruta vid DC37. Skillnader mellan olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.	31
Figur 15: Medelkväveupptag i gödslat fält och nollruta vid DC55. Skillnader mellan olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.	31
Figur 16: Kväveupptag i DC37 i region Mitt för olika år. Inga mätningar utfördes efter DC32 under 2013. n= antalet fält där mätningar utförts.	32
Figur 17: Kväveupptag i DC37 i region Väst för olika år. Inga mätningar utförda 2013. n= antalet fält där mätningar utförts.	32

Figur 18: Kväveupptag i DC37 i region Syd för olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.....	33
Figur 19: Kväveupptag i DC37 i region Öst för olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.....	33
Figur 20: Kväveupptag i nollrutor vid DC24, DC37 och DC55 på olika jordarter. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. LL=lättlera, ML=mellanlera och SL=styv lera. n= antalet fält där mätningar utförts.....	34
Figur 21: Kväveupptag i gödlat fält vid DC24, DC37 och DC55 på olika jordarter. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. LL=lättlera, ML=mellanlera och SL=styv lera. n= antalet fält där mätningar utförts.....	35
Figur 22: Kväveupptag i gödlat fält vid DC24, DC37 och DC55 på jordar med olika mullhalt. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. mmh=måttligt mullhaltig, mmr=mycket mullrik, mr=mullrik och nmh=något mullhaltig. n= antalet fält där mätningar utförts.	36
Figur 23: Kväveupptag i nollrutor vid DC24, DC37 och DC55 på jordar med olika mullhalt. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. mmh=måttligt mullhaltig, mmr=mycket mullrik, mr=mullrik och nmh=något mullhaltig. n= antalet fält där mätningar utförts.	36
Figur 24: Jämförelse av kväveupptag i höstvet i nollrutor mellan stråsäd och andra förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. n= antalet fält där mätningar utförts. ** = $p < 0,001$	37
Figur 25: Jämförelse av kväveupptag i höstvet i gödlat fält mellan stråsäd och andra förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. n= antalet fält där mätningar utförts. ** = $p < 0,001$ * = $p < 0,005$	38
Figur 26: Kväveupptag i höstvet i nollrutor efter olika förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadium. n= antalet fält där mätningar utförts.	39
Figur 27: Kväveupptag i höstvet i gödlat fält efter olika förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadium. n= antalet fält där mätningar utförts.	39

Förkortningar

Lerhalt

LL	Lättlera (15–25 % ler)
ML	Mellanlera (25–40 % ler)
SL	Styv lera (40–60 % ler)

Mullhalt

nmh	Något mullhaltig (2–3 % mull)
mmh	Måttligt mullhaltig (3–6 % mull)
mr	Mullrik (6–12 % mull)
mmr	Mycket mullrik (12–20 % mull)

Utvecklingsstadie

DC20-30	Bestockning
DC36-38	Stråskjutning, flaggbladet just synligt
DC50-59	Axgång

1. Inledning

Sedan 2014 har vart och vartannat år varit ett rekordår med stora skördar (Josefsson 2014; Olsson 2015; ATL 2017; Niléhn 2019) och flera av åren har haft extrema väderförhållanden. På grund av detta blir klimatdebatten allt mer uppmärksammas i samhället och i media, vilket leder till att det ställs högre krav på produktionen inom alla produktionsgrenar. Detta leder i sin tur till att lantbrukarna idag måste ha bättre kunskap om sina marker och vad och hur mycket gödsel de sprider ut för att minska riskerna för utlakning

Idag finns flera verktyg som kan användas för att optimera kvävegödsling i syfte att minska överanvändningen, till exempel N-Sensor och CropSat. Dessa verktyg mäter hur mycket kväve grödan har tagit upp i stunden för avläsningen, men inte hur mycket som finns kvar i marken. Detta kan å andra sidan uppskattas genom att man anlägger en nollruta, det vill säga ett område som inte gödslas, för att bedöma hur mycket kväve som marken levererat. På så sätt är det möjligt att bedöma hur mycket outnyttjat gödselkväve som finns kvar i marken och som grödan kan ta upp.

Med större möjligheter till högre skörd behövs djupare förståelse för vad som påverkar grödan så att inte skördepotential går förlorad. Syftet med detta arbete var därför att titta på hur vädret, markegenskaper och förfrukten påverkar grödans kväueupptag och för att få större kunskap kring vilka faktorer som är viktiga när vi ska försöka bedöma gödslingsbehovet. Vilken påverkan har temperatur och nederbörd? Kan vi minska kvävegivan på mullrika jordar? Vad har vi egentligen för kväueffekt av så kallade ”goda” förfrukter?

I arbetet har inte gödslingen av fälten analyserats då det inte fanns tillräckligt med information om när och hur mycket gödsel som spridits ut. För vädret har analysen begränsats till temperatur och nederbörd för aktuellt år, även om det skulle ha varit intressant att titta på hur föregående säongs väder påverkar kväueupptaget.

2. Bakgrund

2.1. Kväve i marken

Kväve är ett av de näringsämnen som växter behöver i störst mängd, och det är också det ämnet som är mest skördebegränsande i många odlingssystem. Växterna tar upp kväve från marken främst som nitrat- (NO_3^-) och ammoniumjoner (NH_4^+). Majoriteten av kvävet i marken finns dock i organiskt material och måste frigöras och omvandlas, till ammonium eller nitrat, genom biologiska processer för att bli växttillgängligt (Fogelfors 2015). Vid mineralisering omsätter mikroorganismer organiskt material och frigör ammoniumjoner. Vid ogynnsamma förhållanden där mikroorganismernas substrat har högt energiinnehåll men lågt kväveinnehåll, dvs hög C/N-kvot, sker motsatsen, vilket innebär att kväve assimileras i mikroorganismerna och kväve immobiliseras. Mineralisering och immobilisering sker ofta parallellt (Eriksson *et al.* 2011).

Vid aeroba förhållanden kan mikroorganismer oxidera ammoniumjoner till nitrat, även kallat nitrifikation. Detta sker i två steg där produkten av första steget blir nitrit (NO_2^-) vilket är toxiskt i naturen. Det oxideras ofta vidare till nitrat i ungefär samma takt som det bildats. Om mikroorganismerna inte får tillräckligt med syre på grund av att marken är vattenmättad eller packad kan detta leda till denitrifikation, där nitrat reduceras till lustgas (N_2O) eller kvävgas (N_2) vilket leder till kväveförluster från marken till luften (Eriksson *et al.* 2011).

Kväve kan också lakas ut med markvattnet. Det sker främst i form av nitratjoner. Nitratjoner är mer rörliga än ammoniumjoner eftersom markpartiklarna främst har negativ laddning (Fogelfors 2015). På grund av sin förmåga att fixeras i lermineral och bindas till markpartiklarnas negativa laddning löper ammoniumjoner en begränsad risk för utlakning. En annan anledning till att ammonium lakas ut i liten omfattning beror på effektiviteten hos nitrifikationsprocessen. Majoriteten av ammoniumjonerna i åkermarken oxideras snabbt till nitratjoner (Eriksson *et al.* 2011).

2.2. Faktorer som påverkar grödans kväveupptag

Det är många faktorer som påverkar grödans kväveupptag. Det påverkas, förutom av tillgången på mineralgödsel, av markens grundförutsättningar att leverera kväve, jordarten samt spridning av organiska gödselmedel. Vilken förfrukt som odlats kan också vara viktig. Vädret är också en faktor som kan påverka kväveupptaget.

2.2.1. Vatten och temperatur

Växter använder vatten för transport inuti växten och för att ta upp näringsämnen i form av joner från markvätskan. Rotupptaget av näring styrs av tryckskillnader inne i växten. Dessa uppstår genom (kraftig) transpiration. Det gör att lösta joner dras till rothårens yta, där upptag sker. Denna diffusion är temperaturberoende och värme påskyndar transporten. Temperaturen påverkar även transpirationen eftersom värme leder till mer avdunstning. Då riskerar växten att förlora onödigt vatten (Fogelfors 2015).

Vatten är även viktigt för växtens tillväxt. När en cell är helt full med vatten kallas det att cellen har full turgor. Turgor beskriver trycket som cellen utövar på cellväggen och hjälper bland annat till att hålla blad utspända även om de inte har så mycket stödjevävnader. Unga celler under tillväxt består enbart av primär cellvägg, vilken kan expandera under tryck. När cellerna blir äldre bildas även en sekundär cellvägg, som inte kan ändra sin storlek om vattentillgången skulle öka. Vattentillgången styr därför tillväxten. Mycket vatten leder till stor tillväxt, medan vattenbrist leder till liten tillväxt (Fogelfors 2015). För mycket vatten, översvämning, kan dock leda till syrebrist. Indirekta effekter av översvämning innefattar bland annat försämrad tillväxt och försämrat vatten- och näringsupptag, vilket i längden leder till lägre skördar och högre risk för näringsutlakning (Wesström *et al.* 2016).

Tillväxten styrs också av temperaturen. Höstsådda grödor är beroende av en period med kallare temperaturer för att blomningen ska initieras. Olika arter är även anpassade till olika klimat och temperaturer, vilket gör att tillväxten kan avstanna vid för höga eller för låga temperaturer eftersom växten skyddar sig mot ogynnsamma förhållanden (Fogelfors 2015).

2.2.2. Markens egenskaper

Jordarten beskriver jordens fördelning av markpartiklar av olika kornstorlekar samt innehållet av organiskt material, det vill säga mullhalt. Jorden karakteriseras bland annat av de olika jordarternas fysikaliska egenskaper, som till exempel vilket rotmotstånd grödan måste tillföra för att tränga igenom profilen. I sandjordar har ettåriga grödor ofta svårigheter att tränga ned i alven eftersom mullhalten snabbt minskar där. På grund av avsaknaden av finmaterial är sandjordar naturligt näringsfattiga då vittringen där är en långsam process. Att sandjord har en lägre vattenhållande förmåga, än de mer finkorniga jordarna, innebär också att sandjordar löper större risk för nitrattutlakning (Fogelfors 2015).

Jordarter bestående av en stor andel fina partiklar, som till exempel lerjordar, är överlag bättre på att leverera näring eftersom mindre partiklar vittrar snabbare. Lerpartiklar har stor möjlighet att binda positivt laddade katjoner och näringsämnen från marklösningen. Det gör också att lerpartiklarna skapar en stabil aggregatstruktur. Den vattenhållande förmågan är dessutom bättre vid finare kornstorlekar. Dock leder den vattenhållande förmågan till att mo- och mjälajordar kräver mycket värme för att värmas upp på våren. På mjäla och lättlera saknar alven ofta större porer, vilket leder till att rötterna även här har svårt att tränga ned. I styvare leror binds mycket vatten så hårt att det inte blir växttillgängligt och den typen av jordar är ofta packningskänsliga i blöta förhållanden. Egenskaperna hos lättleror och mellanleror styrs mycket av vilka andra fraktioner som bygger upp markprofilen, som till exempel innehållet av mjäla eller mo (Fogelfors 2015).

Mull är en viktig del i åkermarken och består av organiskt material. Mull hjälper till att kitta ihop aggregat av mineralkorn, vilket hjälper till att skapa en stabilare struktur. En högre mullhalt har också visat sig vara positivt för att ge en ökad mängd växttillgängligt vatten då skillnaden mellan fältkapaciteten och vissningsgränsen ökar (Eriksson *et al.* 2011). En jord med hög mullhalt har ett lägre kvävegödslingsbehov eftersom den vanligen har en högre kvävemineralisering. I skriften *Rekommendationer för gödsling och kalkning 2020* (Jordbruksverket 2019) föreslås en schablon där kvävegivan kan minskas med 2 kg/ha för varje procentenhet som överskrider en mullhalt på 4 % mull. Dock ska man vara medveten om att det aldrig uppstår ett så kallat normalfall då jordens ursprung ofta påverkar dess förmåga att leverera kväve. Därför måste användaren ta sitt eget fält i beaktande vid gödselplaneringen. Fel gödselmedel på sådana jordar kan också leda till underskott på fosfor och kalium (Jordbruksverket 2019).

2.2.3. Förfruktseffekt

Babulicová (2016) visar att en bra förfrukt har positiv effekt på skörden av eftergrödan oavsett väderförhållanden. I Babulicovás försök framgick att vädret beskrev en betydande del av variationen av kärnskorde hos vete. Positiva förfruktseffekter på vete fås av bland annat ärt och raps. Delar av effekterna återfinns ibland även två år efter sådd av en bra förfruktsgröda (Sieling & Christen 2015). Det är dock osannolikt att baljväxter fortsätter bidra med stora fördelar efter mer än fyra år, även om förhållandena är kalla och torra (Grant *et al.* 2016). Vid högre temperaturer kommer kväve att mineraliseras snabbare då mineraliseringen i marken generellt ökar med ökad temperatur (Guntinas *et al.*, 2012). Även nedbrytningen av organiskt material ökar med högre temperatur (Kätterer 2018).

Vid förfrukter andra än stråsäd kan gödselmedel sparas på grund av en kväveefterverkan som kan vara olika stor för olika förfrukter, det vill säga mindre kväve behöver tillföras till grödan för att uppnå samma skördenivå. Jordbruksverket (2019) skriver att kväveefterverkan varierar med upp till 40 kg N/ha beroende på förfrukt och att denna mängd kan dras bort från det totala kvävebehovet (se Tabell 1), vid ett antagande att gödselns verkningsgrad ligger på 75 %. Detta betyder att efter en förfrukt annan än stråsäd kan grödan utnyttja 15–30 kg N/ha mer än vid stråsäd som förfrukt.

Tabell 1: Förfruktsvärden för olika grödor där eftergrödan är höstveten uppställt som kväveefterverkan (Jordbruksverket 2019).

Förfrukt	Kväveefterverkan till efterföljande gröda (kg N/ha)
Stråsäd	0
Höstraps	40
Foderärt	35
Åkerböna	25
Blandvall	40

De olika förfrukternas efterverkanseffekt beror på olika faktorer. Baljväxter lämnar efter sig kväverika skörderester genom sin kvävefixering (Lindén 2008). Raps har små frön och deras sammansättning gör att mycket av näringen lämnas kvar i skörderesterna och blir tillgängliga för efterföljande gröda istället för att lagras in i kärnan (Svensk raps 2008). Andra grödor verkar positivt på eftergrödans avkastningsnivå. Till exempel potatis har ett större behov av P & K (Lindén 2008) och denna gödsling kan senare bli till nytta för eftergrödan.

Även skörderesternas övriga sammansättning samt förfruktens skördetidpunkt påverkar vilket bidrag förfrukten ger till efterföljande gröda. Sieling och Christen (2015) sådde raps efter korn och vete i försök och den högre rapsskörden efter korn kunde härledas till att korn skördas tidigare än vete. Därmed hade nedbrytningsprocessen av kornets skörderester hunnit längre vid rapssådden. Nedbrytningshastigheten av vetets skörderester är dessutom långsammare än kornets på grund av ett högre lignininnehåll i vete. Däremot genererar vete vanligen en högre skörd än korn, vilket leder till mer skörderester. Detta talar för att vete är en bättre förfrukt än korn.

Förfrukten verkar inte bara positivt på kväveupptaget utan kan också fungera som en avbrottsgröda mot vissa sjukdomar och skadegörare (Lindén 2008). Friberg *et al.* (2015) visade i försök att vid reducerad bearbetning är det extra viktigt med en god förfrukt då stråsäd som förfrukt ledde till allvarigare missfärgningar på stråbaser av höstveten än när raps eller ärt var förfrukt. Vidare kan en djuprotad gröda ge kortsiktiga struktureffekter i alven och påverka upptorkning och sprickbildning och därmed bidra till en positiv förfruktseffekt (Lindén 2008).

2.3. Uppskattning av varierat kvävebehov

En rak gödselgiva, där hela fältet får lika mycket kväve, leder till att en del av fältet inte får tillräckligt med kväve för att nå sin skördepotential medan en annan del får mer kväve än vad grödan klarar att ta upp. För att kunna variera gödselgivan måste man ta reda på variationen i kvävebehov på fältet (Precisionsskolan u.å.). Till detta har det utvecklats olika verktyg för att bestämma variationen. Exempelvis Yara N-Sensor och CropSat. Deras mål är att variera kvävegödslingen för att få en effektivare kväveeffektivitet och högre skörd. Att variera gödslingen leder också till en jämnare mognad vilket underlättar vid tröskning (Link *et al.* 2004).

Yara N-Sensor monteras på traktorn och mäter ljuset som reflekteras från beståndet. Denna information används för att beräkna kvävegödslingsbehovet. I det täta beståndet är kvävebehovet lågt, medan ett glesare bestånd har ett större kvävebehov (Link *et al.* 2002). CropSat finansieras av Greppa näringen och är ett verktyg som använder satellitbilder för att skapa kvävebehovskartor (Precisionssodling Sverige u.å.). I CropSat anges grödans kvävebehov som ett index, där användaren själv måste ange variationen i kvävegivan (Söderström 2016).

3. Material och Metod

3.1. Datainsamling

Med hjälp av en handburen N-Sensor (Yara Hand Sensor) har Jordbruksverket utfört mätningar av kväveupptaget i höstvet i ogödslade rutor, så kallade nollrutor, runtom i Sverige samt bredvid rutan i det gödslade fältet. Mätningarna har utförts veckovis under april till juni. Mätningarna har använts för att följa markens kväveleverans och har fungerat som ett hjälpmedel för gödslingsstrategier. Mätningarna har utförts på ett 40-tal platser utsprida på fyra regioner, Mitt (Uppland och Västmanland), Öst (Östergötland, Småland, Öland och Södermanland), Väst (Västergötland) och Syd (Skåne och Halland) från och med 2013. Alla fält har gödslats efter lantbrukarens egen strategi. Denna information har emellertid inte använts för att dra några slutsatser i det här arbetet eftersom informationen var otillräcklig för att det skulle vara möjligt dra några välgrundade slutsatser.

Meteorologiska data i form av dygnsmedeltemperatur och total nederbörd per dygn har hämtats från SMHI (SMHI u.å.; SMHI Luftwebb u.å.). Medeltemperaturen har använts för att räkna fram temperatursumman för temperaturer $>5^{\circ}\text{C}$ sedan årsskiftet på samma sätt som Eckersten & Kornher (2012). Nederbörden har sammanfattats som ackumulerad nederbörd från årsskiftet till aktuell mättidpunkt. För åren 2013–2018 har griddad dygnsdata använts för respektive försöksplats. Dygnsdatan, på SMHI Luftwebb (u.å.), består av medelvärdet från ett rutnät över Sverige med områden av storleken 4 x 4 km. För 2019 har värden från närmaste mätstation använts då det var det som fanns tillgängligt (SMHI u.å.). Som jämförelsevärde användes ett medel av åren 2013–2019 i samband med analysen.

3.2. Analys

De mätningar som utförts med N-sensor gav uppgifter om kväveupptagets storlek i kg N/ha. Analyser har gjorts med JMP i form av variansanalys ANOVA, där medelvärden för kväveupptag har analyserats för att studera effekten av olika faktorer, det vill säga textur, mullhalt och förfrukt. Specifika skillnader mellan olika grupperingar har analyserats med hjälp av Tukey Kramer HSD. Sambandet mellan kväveupptag och temperatursumma respektive ackumulerad nederbörd analyserades med hjälp av regressionsanalys.

ANOVA-analyserna har gjorts för mätningar i flera utvecklingsstadier under grödans tillväxt på våren. Detta har varit i utvecklingsstadierna DC24, DC37 och DC55 enligt Zadoks decimalskala (Zadoks *et al.* 1974). Eftersom mätningarna inte utförts vid samma stadie varje år har jag valt att även ta med mätningar inom intervallen DC20-30 (bestockning), DC36-38 (stråskjutning, flaggbladet just synligt) och DC50-59 (axgång) för att få med så många fält som möjligt. Vid de senare utvecklingsstadierna blev det ändå ett visst bortfall. Anledningen till att jag använde de valda utvecklingsstadierna var att i medeltal börjar Jordbruksverket utföra mätningar i DC24. DC50-59 var det senaste intervallet som hade tillräckligt många observationer för att ge ett bra material att dra slutsatser utifrån. I DC37 har grödan hunnit ta upp ganska mycket kväve i förhållande till första mätningen, men det fanns ändå många mätningar att utföra analyser på. I DC24 gjordes mätningar i 379 fält, i DC37 324 fält och i DC55 gjordes mätningar på 125 fält. För år där utvecklingen gått långsamt så att fältet återkommer mer än en gång i samma intervall har om möjligt endast den mätning som utförts närmast DC37 eller DC55 använts. När det inte var möjligt har båda mätningarna tagits med i analysen för att inte förlora för många värden.

För mätningar utan observerat utvecklingsstadie har utvecklingsstadiet skattats med hjälp av det linjära sambandet $y = 0,0797x + 19,421$, där x = temperatursumman och y = utvecklingsstadie enligt decimalskalan. Sambandet skapades med hjälp av de observerade utvecklingsstadierna i Uppland 2013–2019 samt temperatursumman vid samma tillfälle.

På grund av att 2018 var så torrt ledde det till väldigt snabb utveckling av grödan vilket gjorde att regionerna Mitt och Väst bara utförde några få mätningar under våren då grödan snabbt kom in i axgång, där mätningarna ofta blir svårtolkade. Under 2013 hade region Mitt liknande förhållanden, och även då gjordes därför få mätningar. De flesta åren har det gjorts 6–7 mätningar per fält, men inte alltid. Detta har gjort att antalet observationer minskade senare på säsongen.

4. Resultat och Diskussion

4.1. Väder

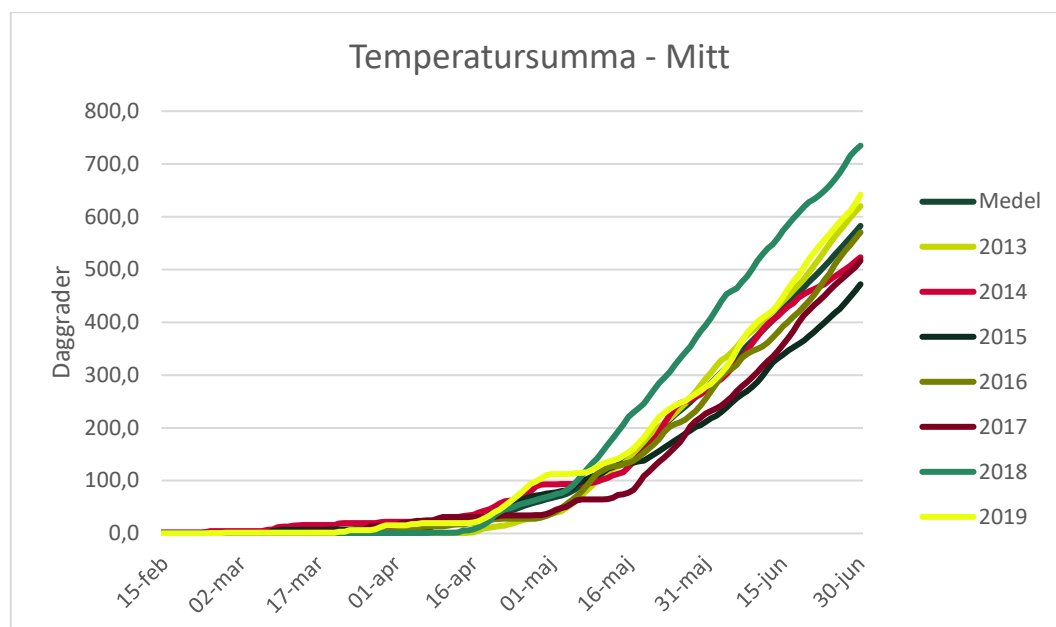
Väderdata är hämtat från SMHI i form av dygnsmedeltemperatur och nederbörd per dygn. Dygnsmedeltemperaturen har där räknats samman till en temperatursumma av alla medeltemperaturer över 5°C från årsskiftet fram till aktuellt datum och anges i enheten daggrader (Skogsencyklopedin u.å.). Ackumulerad nederbörd avser all nederbörd som fallit från årsskiftet till specifikt datum. Temperatursumman och ackumulerad nederbörd för det enskilda året relateras sedan till ett medel av alla observationer från åren 2013–2019 under perioden 1 januari till 30 juni. Här nedan följer en genomgång av först temperatursumma och sedan ackumulerad nederbörd för de fyra regionerna där mätningar har utförts.

4.1.1. Temperatursumma

I region Mitt uppmättes i medel 583 daggrader under perioden 1 januari – 30 juni under åren 2013–2019 (Figur 1; Tabell 2). När enskilda år studeras utmärker sig 2018 som det varmaste året med 735 daggrader, och 2015 var det kallaste året med 472 daggrader. Även 2019 och 2013 slutade perioden som något varmare än medel, men temperaturen följer medel ganska jämnt under större delen av perioden. 2017 sticker ut då det var kallt länge på våren innan det snabbt blev varmt efter mitten av maj.

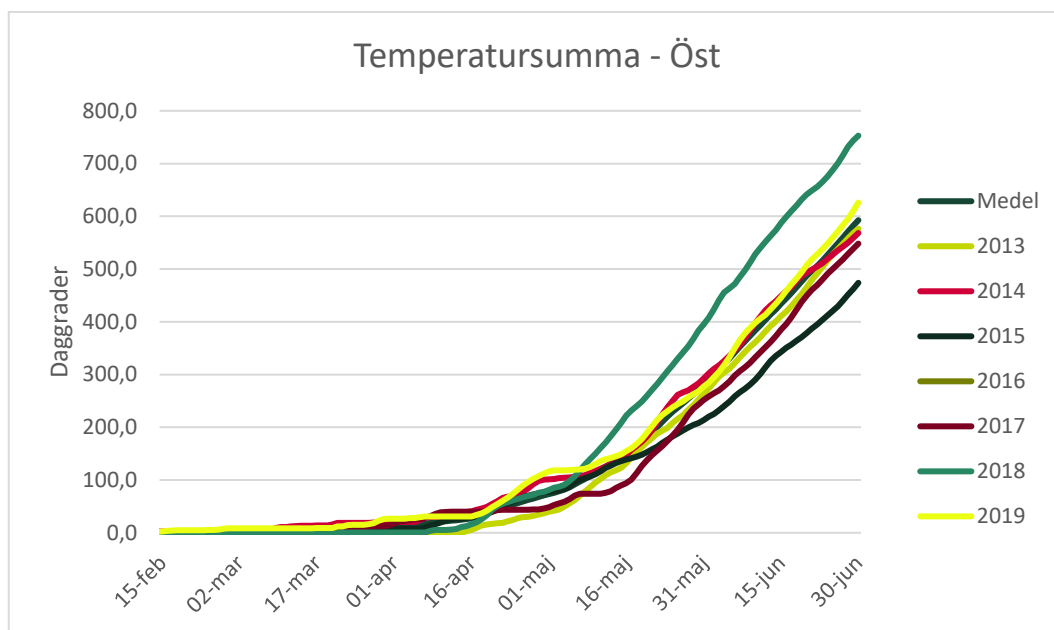
Tabell 2 Sammanställning av temperatursumma och ackumulerad nederbörd under perioden 1 januari - 30 juni i de olika regionerna Mitt, Öst, Väst och Syd.

År	Mitt		Öst		Väst		Syd	
	Daggrader	mm	Daggrader	mm	Daggrader	mm	Daggrader	mm
2013	620	185	576	242	572	210	604	258
2014	523	290	568	312	612	349	678	315
2015	472	313	474	327	445	304	510	337
2016	571	232	603	225	610	281	684	276
2017	517	181	548	224	558	229	606	320
2018	735	198	753	230	772	263	832	219
2019	642	246	626	240	635	256	716	309
Medel	583	235	593	257	601	270	662	291



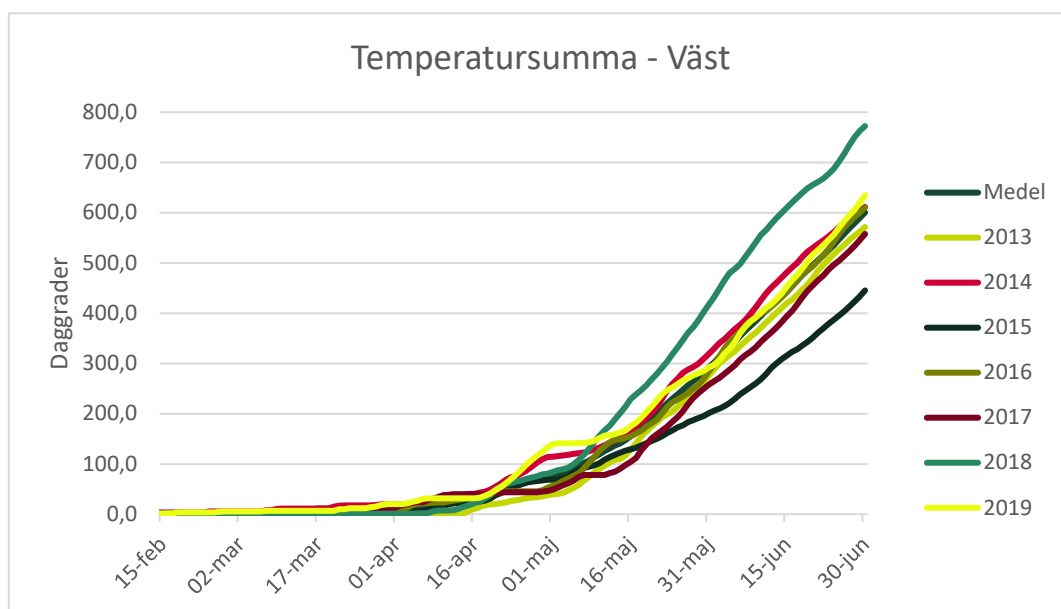
Figur 1: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i Mitt.

Region Öst hade i medel kommit upp i 593 daggrader under första halvåret (Figur 2; Tabell 2). Här är det två år som tydligt sticker ut i slutet av perioden, 2015 som ett kallt år med 474 daggrader den sista juni, och 2018 som var varmt med 753 daggrader samma datum.



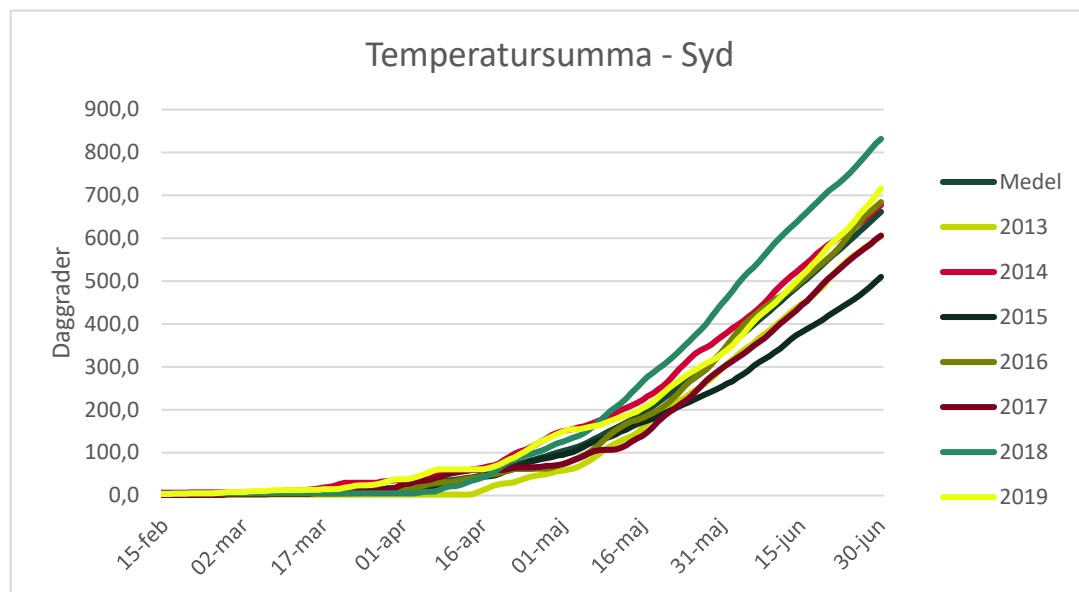
Figur 2: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i region Öst.

I Väst uppmättes i medel 600 daggrader under första halvåret åren 2013–2019 (Figur 3; Tabell 2). Tydligt avvikande år är 2018, ett varmt år, som ackumulerade 772 daggrader, och 2015 som var kallare under maj-juni, och slutade på 445 daggrader. 2019 var något varmare i början av maj, men den uppåtgående trenden hejdades senare av en kallare period första veckan i maj.



Figur 3: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i region Väst.

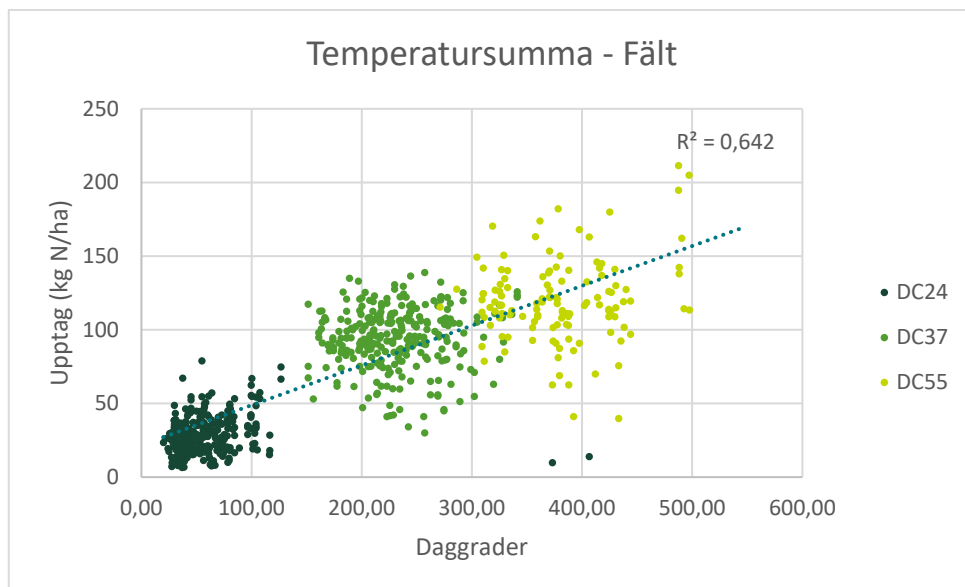
Region Syd hade som förväntat kommit i upp i den högsta temperatursumman den 30 juni, i medel 662 daggrader (Figur 4; Tabell 2). Som för de andra regionerna var även här 2018 det varmaste året och 2015 kallast med 832 och 510 daggrader för respektive år.



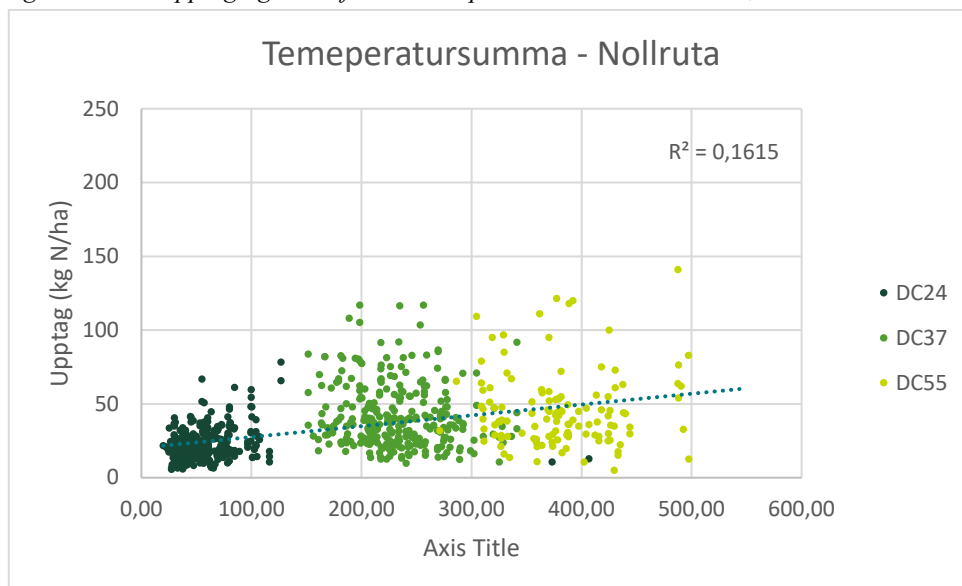
Figur 4: Temperatursumma av dygnsmedeltemperaturer över 5°C för olika år under perioden 1/1–30/6 i region Syd.

Samband mellan kväveupptag och temperatursumma

Justus von Liebig uttryckte 1855 att skördenivån bestäms av den faktor som saknas eller som det är brist på (van der Ploeg *et al.* 1999). Förutom växnäring är värme och vatten några faktorer som det är tydligt att grödan behöver i optimal mängd. I detta avsnitt beskrivs hur värme påverkar kväveupptaget. I det gödslade fältet ökade kväveupptaget med ökat utvecklingsstadium, men kväveupptaget inom varje utvecklingsstadium påverkades inte av temperatursumman (Figur 5). Det syntes däremot ingen tydlig förändring av kväveupptaget mellan utvecklingsstadier, eller på grund av temperatursumman, i nollrutan (Figur 6). När grödan har tillgång till kväve leder en högre temperatursumma till ett högre kväveupptag eftersom det finns ett samband mellan ökat kväveupptag och högre utvecklingsstadium. När kvävetillgången är begränsad kan grödan inte utnyttja värmen fullt ut. Bhullar & Jenner (1985) tittade på hur kväveinnehållet påverkas av ökad temperatur under kärnfyllnaden. Den ökade temperaturen ledde till att kvävekoncentrationen ökade medan stärkelse-koncentrationen minskade. Den ökade kvävekoncentrationen berodde inte på ett ökat kväveupptag. Eftersom materialet från SMHI endast anger dygnsmedeltemperatur var det inte möjligt att se några negativa effekter av för höga temperaturer. Med hjälp av maxtemperaturen hade det eventuellt varit möjligt att studera om tillväxten påverkas negativt av för höga temperaturer.



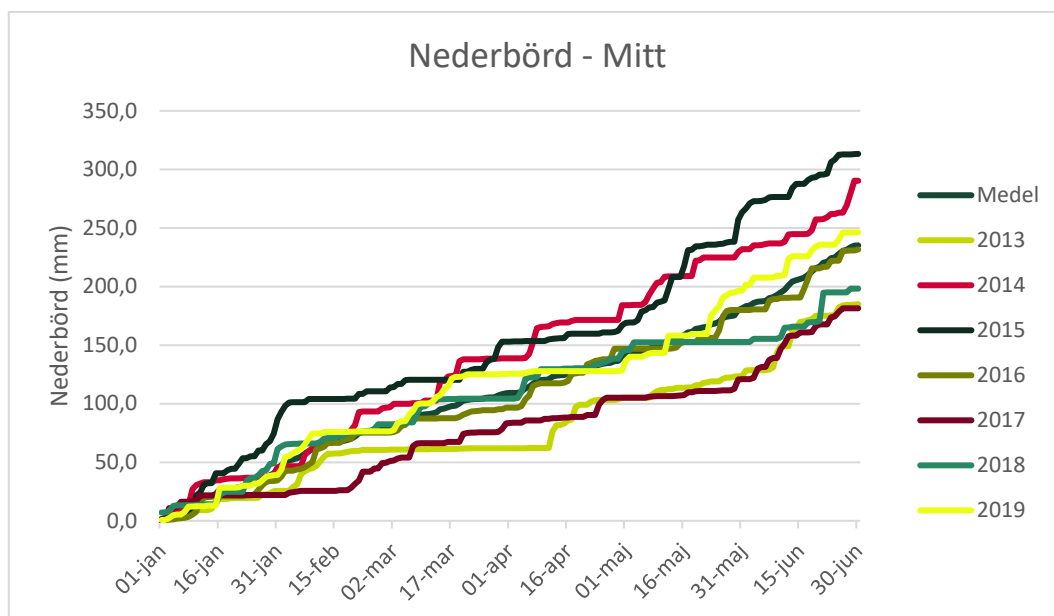
Figur 5: Kväveupptag i gödslat fält mot temperatursumman vid DC24, DC37 och DC55.



Figur 6: Kväveupptag i nollrutor mot temperatursumman vid DC24, DC37 och DC55.

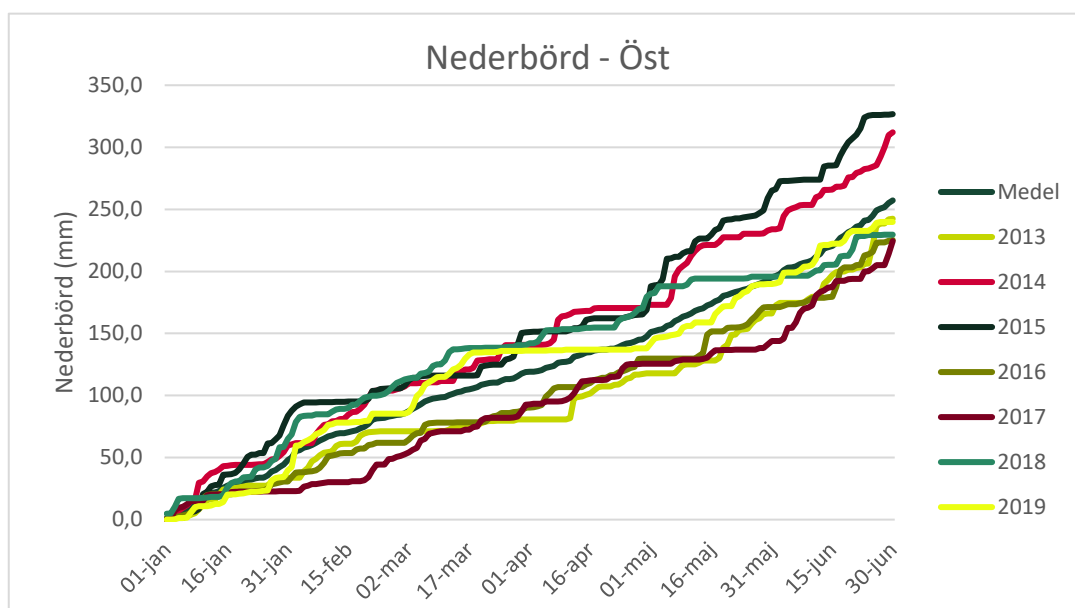
4.1.2. Ackumulerad nederbörd

Vad gäller nederbörd föll i medel 235 mm i region Mitt under första halvåret (Figur 7; Tabell 2). 2016 är det år som närmast följer grafen för medelnederbörden. 2019 fick också en ganska normal mängd nederbörd. Det går att utläsa att 2013 och 2017 var de torraste åren medan 2014 och 2015 var de blötaste åren. Vad gäller 2018, som omtalas som ett ovanligt torrt år, framkommer av Figur 7 att under våren föll en ganska normal mängd nederbörd fram till början av maj. Därefter var det nästan ingen nederbörd på cirka en månad.



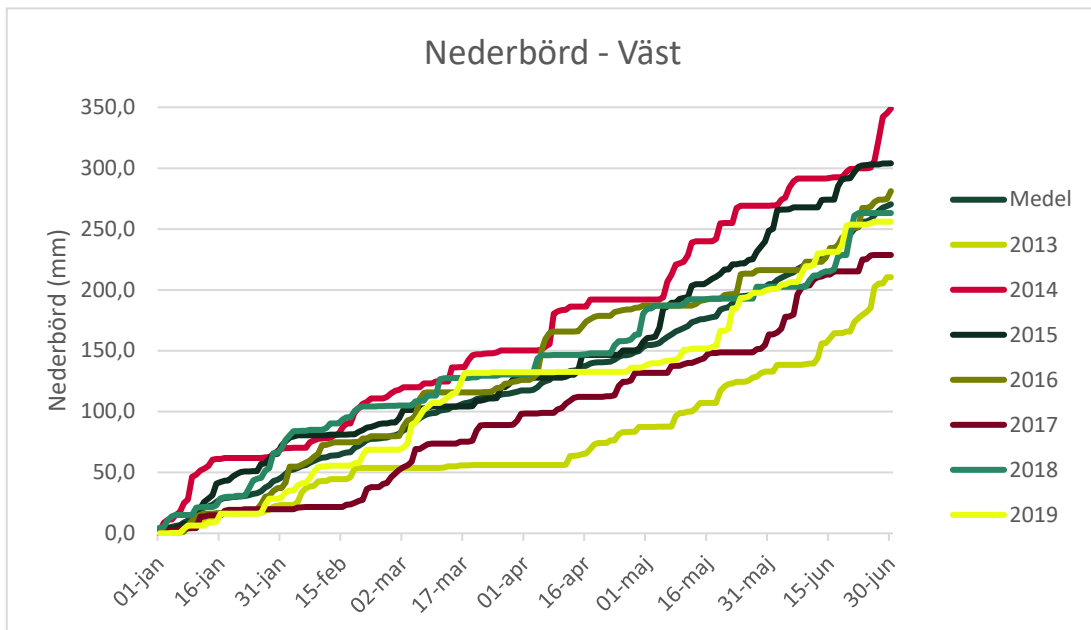
Figur 7: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Mitt under åren 2013–2019.

Under 2013–2019 föll i medel 257 mm nederbörd i Öst (Figur 8; Tabell 2). Här syns en större spridning mellan åren. 2014 och 2015 kan ses som de blötaste inom tidsperioden då de i början av maj avviker till följd av ökad nederbörd. I figuren kan man tydligt se plåtåer som representerar perioder utan nederbörd. 2019 hade väldigt lite nederbörd under mars-april, medan 2018 hade mindre nederbörd under maj. 2013 var nederbördsfattigt från mitten av februari till början av april. 2016 var tillsammans med 2017 och 2013 ett av de torraste åren i Öst. Under våren 2016 kom det jämnt med nederbörd utan några längre torrperioder.



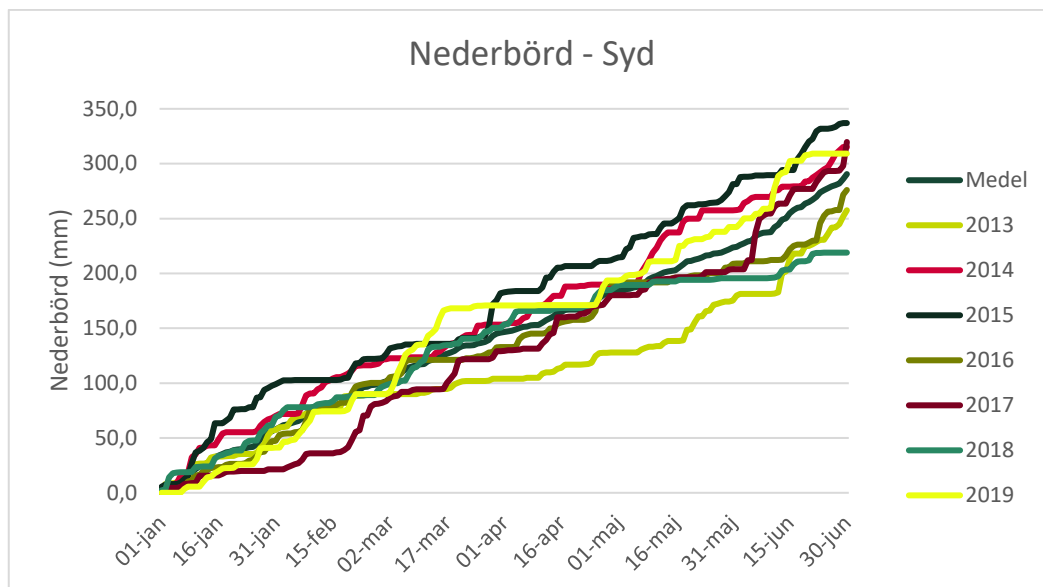
Figur 8: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Öst under åren 2013–2019.

I medeltal uppgick den ackumulerade nederbörden till 270 mm i Väst (Figur 9; Tabell 2). 2013 utmärker sig som ett torrt år, med bara 210 mm nederbörd, och 2014 var blötare (totalt 349 mm) än medelåret. 2015 var blötare i maj men hade tidigare legat på en relativt normal nivå. 2018, som överlag var ett torrt år, ligger under stora delar av första halvåret över medel i Skaraborg. 2019 hade däremot en längre torrperiod under mars-april. Under januari-februari 2017 var det en torrperiod, vilket resulterat i att 2017 ligger under medel som ett torrare år. Dock syns inga spår av någon längre torrperiod under växtsäsongen det året.



Figur 9: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Väst under åren 2013–2019.

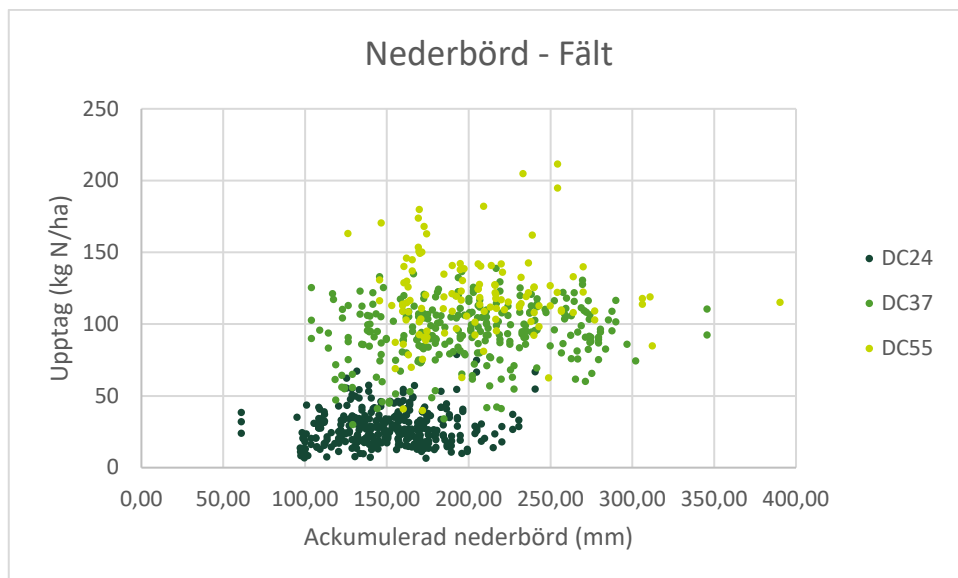
I Syd har det i medel fallit mer nederbörd än i övriga regioner under aktuell tidsperiod (2013–2019): 291 mm (Figur 10; Tabell 2). 2018 föll minst nederbörd, totalt 219 mm, där det knappt föll någon nederbörd i maj. Fram till maj hade 2018 relativt normal nederbördsmängd. 2015 ligger högst under nästan hela perioden och avslutar med 337 mm den 30 juni. 2019 hade också hög nederbörd under olika perioder, men hade en längre torrperiod mellan mitten av mars till slutet av april. 2013 var det torraste året under större delar av perioden och fick väldigt lite nederbörd mellan mars-maj.



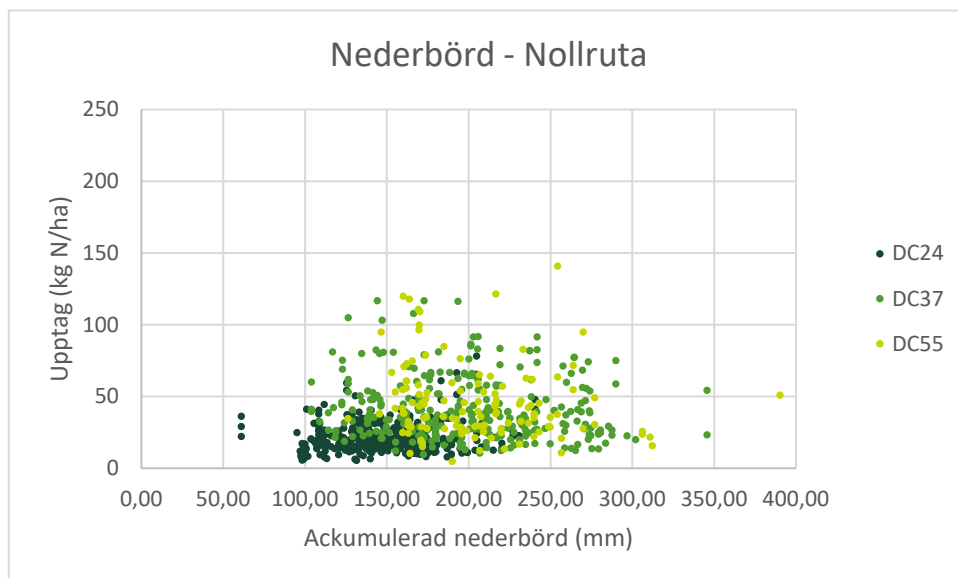
Figur 10: Ackumulerad nederbörd under perioden 1/1–30/6 i region Syd under åren 2013–2019.

Samband kväveupptag och ackumulerad nederbörd

Abrahamsson och Bendelin (2013), som främst studerat avvikelser vid skörd, noterade att hög årsnederbörd inte nödvändigtvis visade på negativ skördeavvikelse utan att det snarare var viktigare att titta på när nederbörden har fallit. För ackumulerad nederbörd från årsskiftet fram till DC24, DC37 respektive DC55 finns inga samband som tyder på att mer nederbörd leder till högre kväveupptag, varken i det gödslade fältet eller nollrutan (Figur 11; Figur 12). För att testa om nederbörden var viktigare inom kortare perioder undersöktes den ackumulerade nederbörden i perioderna DC24-DC37, DC24-DC55 och DC37-DC55. Dock kunde inga skillnader utläsas i dessa perioder heller. Slutsatsen blir att nederbörden inte påverkar kväveupptaget under våren. Nederbörden under kortare perioder skulle kunna påverka upptaget vid speciella tillfällen som till exempel efter sådd eller gödsling.



Figur 11: Kväveupptag i gödslat fält mot mängd ackumulerad nederbörd vid DC24, DC37 och DC55.

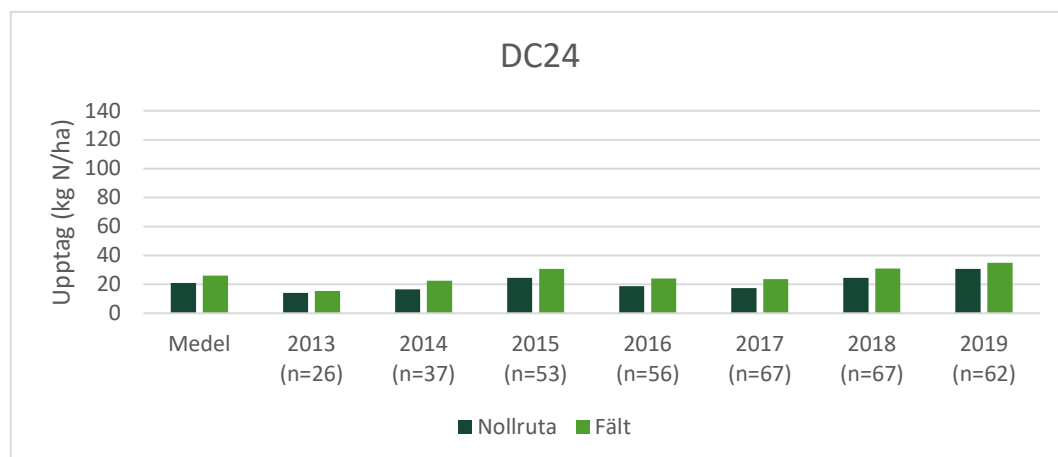


Figur 12: Kväveupptag i nollruta mot mängd ackumulerad nederbörd vid DC24, DC37 och DC55.

4.1.3. Skillnader i kväveupptag mellan år

Varje år erbjuder speciella odlingsförhållanden i form av olika väderförhållanden, förfrukter och grödor. Här analyseras ett medel av kväveupptaget i gödslat fält och nollruta för det enskilda året i olika utvecklingsstadier.

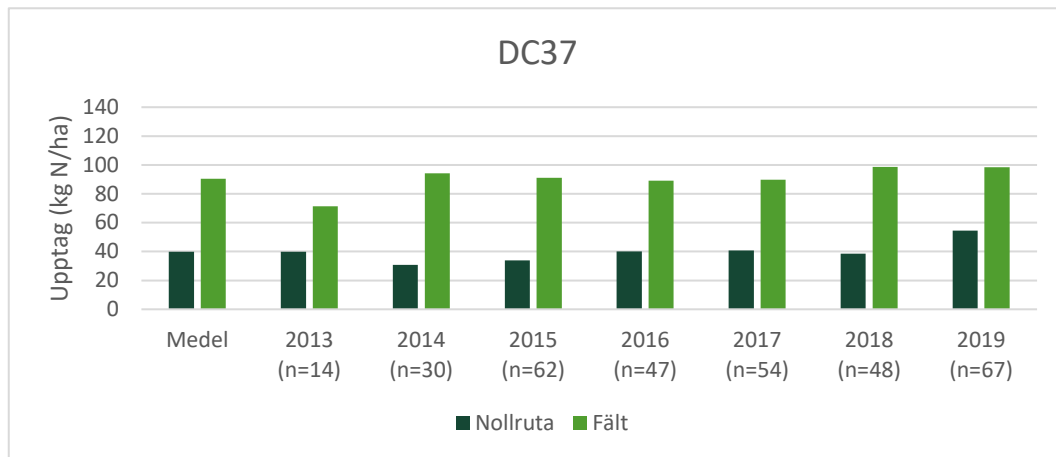
I DC24 hade 2019 signifikant högre nollruteupptag än övriga år (Figur 13). Även 2015 och 2018 hade högre upptag än medel. De gödslade fälten hade under dessa år i medel tagit upp 6 kg N/ha mer än nollrutorna. 2015, 2018 och 2019 hade signifikant högre upptag och 2013 hade signifikant lägre upptag än de andra åren. Så här tidigt på säsongen hade alltså 2015, 2018 och 2019 goda förutsättningar för kväveupptag. Upptaget i nollrutor och gödslade fält följer i princip samma mönster där till exempel ett sämre år visar sig som låga upptag i både nollruta och fält. Detta skulle kunna förklara att skillnaderna i upptag beror på hur hösten såg ut samt hur bra övervintringen var och inte hur mycket olika fält blivit gödslade så här tidigt. Det har dock inte varit möjligt att, utifrån materialet, veta hur stor andel av fälten som blivit gödslade så här tidigt på säsongen, eller om grödan hade hunnit ta upp kvävet.



Figur 13: Medelkväveupptag i gödslat fält och nollruta vid DC24. Skillnader mellan olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.

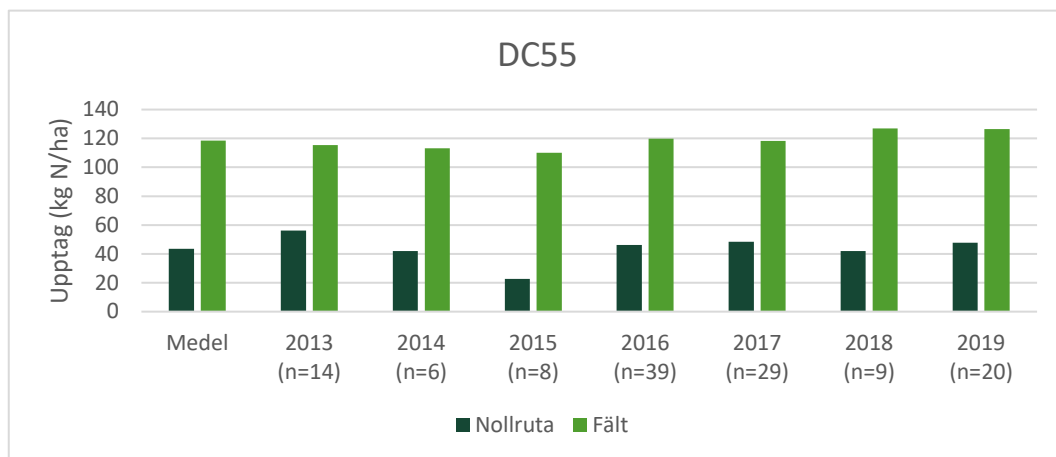
Även i DC37 hade 2019 signifikant högre upptag i nollrutorna än alla andra år utom 2013 (Figur 14). De gödslade fälten hade 2014, 2015, 2018 och 2019 signifikant högre upptag än 2013 medan upptaget 2016 och 2017 var medelhögt. 2013 hade låga upptag både i DC24 och DC37. 2013 var ett torrt år med en längre torrperiod med ytterst lite nederbörd från mitten av februari till början av april (Figur 7-10). Vad gäller temperaturen 2013 avviker temperatursumman inte speciellt mycket från medel (Figur 1-4). Torkan gjorde att utvecklingen gick väldigt fort i vissa regioner, till exempel region Mitt. För 2019 är det troligt att delar av det höga kväveupptaget kan härledas till att det fanns mer outnyttjat gödselkväve kvar i marken efter 2018

än efter normala år. Som Grant et al. (2016) skriver kan gödselkväve kan stanna kvar i jorden och bli tillgängligt för efterföljande gröda .



Figur 14: Medelkväveupptag i gödslat fält och nollruta vid DC37. Skillnader mellan olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.

Till DC55 har mycket av årsvariationerna mestadels försvunnit. I de gödslade fälten finns inga signifikanta skillnader kvar (Figur 15). I nollrutorna hade 2013 ett signifikant högre upptag än 2015, medan resten av åren låg nära medel i kväveupptag. Slutsatsen blir att variationer i kväveupptag som är tydliga i början av tillväxten på våren minskar när grödan börjar ta upp kväve. I de gödslade fälten hjälper gödselkväve till att jämna ut årsvariationerna.

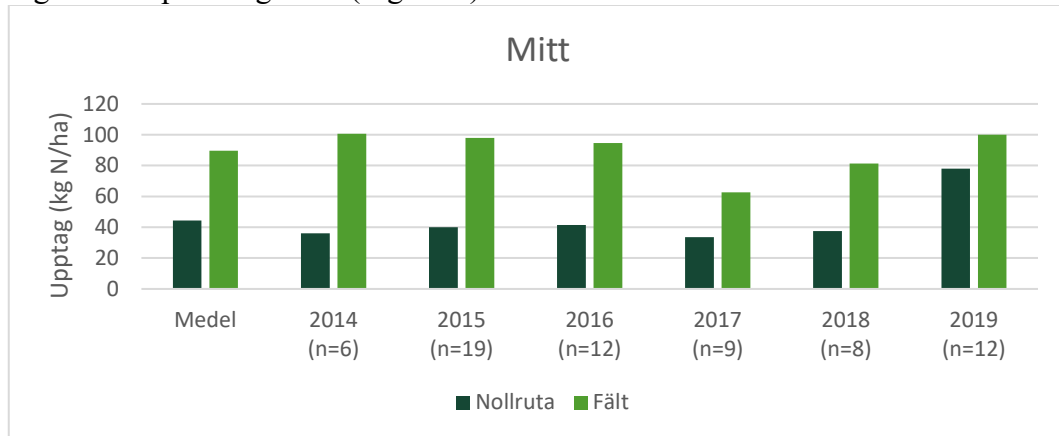


Figur 15: Medelkväveupptag i gödslat fält och nollruta vid DC55. Skillnader mellan olika år. n= antalet fält där mätningar utförts.

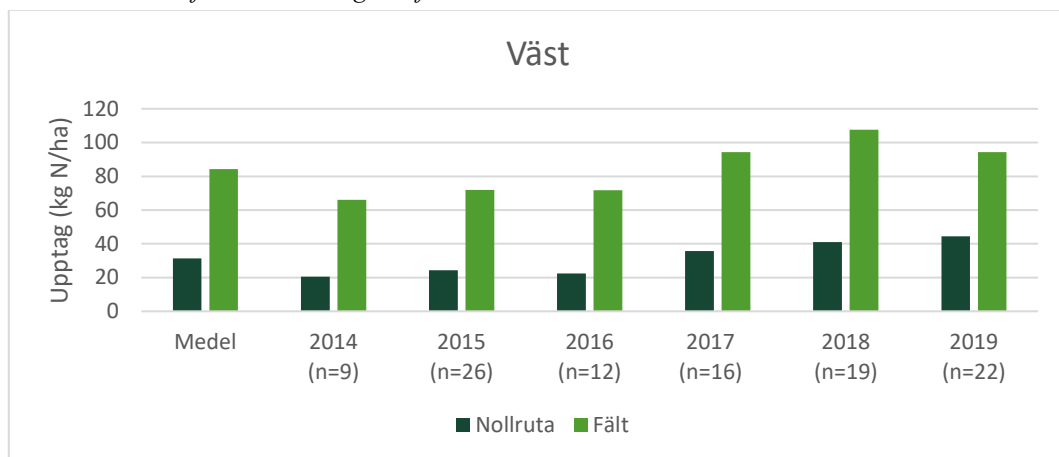
4.1.4. Skillnader i kväveupptag mellan regioner

Odlingsförhållandena varierar mellan olika regioner i Sverige och därför borde även kväveupptaget variera något. Här analyseras kvävevariationen mellan år i de olika regionerna vid DC37. Region Mitt har ett högt medelupptag på 45 kg N/ha i

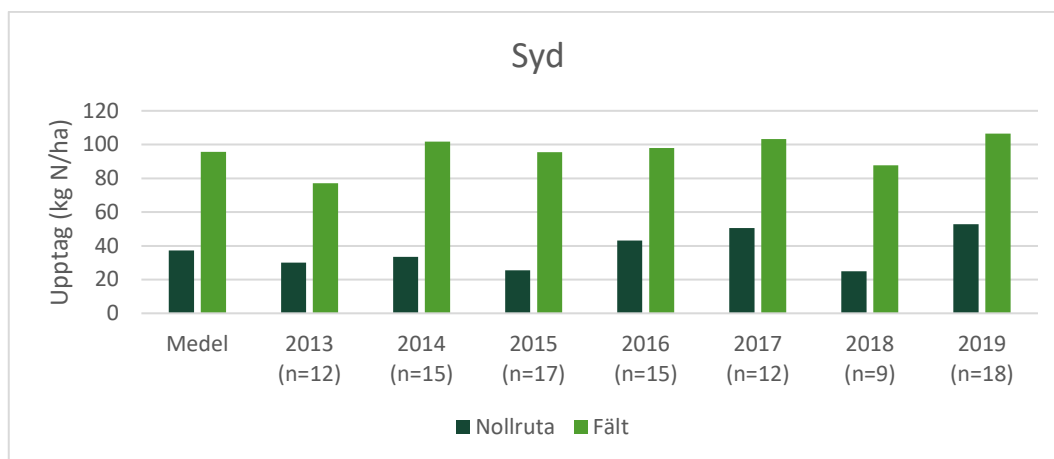
nollrutan (Figur 16). Upptaget har legat på en relativt jämn nivå fram till 2019, då nollruteupptaget var nästan 80 kg N/ha. Detta är nästan medelupptag i gödslade fält i Väst (Figur 17), vilket tyder på ett ovanligt högt upptag 2019. I Väst ligger medelupptag i nollrutan endast på 30 kg N/ha. Region Syd har ett något högre nollruteupptag på 37 kg N/ha (Figur 18) medan Öst ligger högt tillsammans med region Mitt på 46 kg N/ha (Figur 19).



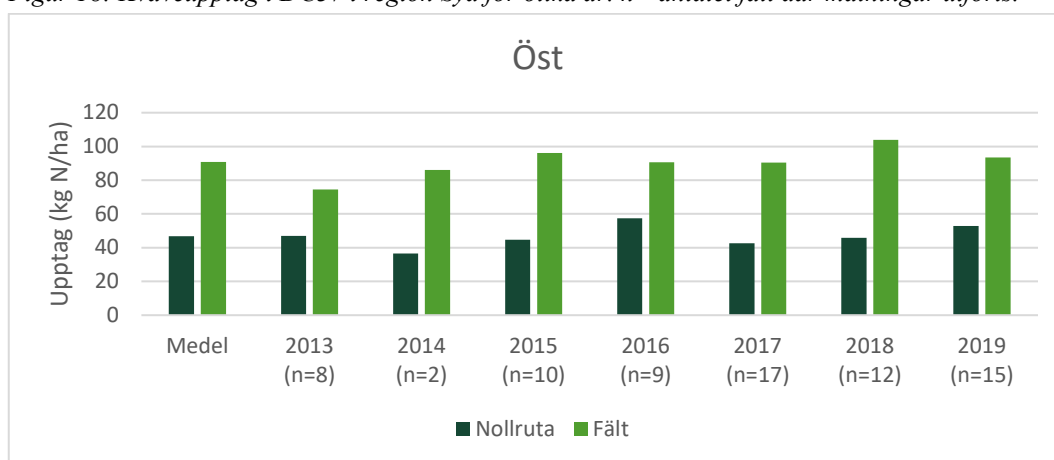
Figur 16: Kväveupptag i DC37 i region Mitt för olika år. Inga mätningar utfördes efter DC32 under 2013. n= antalet fält där mätningar utförts.



Figur 17: Kväveupptag i DC37 i region Väst för olika år. Inga mätningar utförda 2013. n= antalet fält där mätningar utförts.



Figur 18: Kväveupptag i DC37 i region Syd för olika år. n= antalet fält där mätningar utfördes.



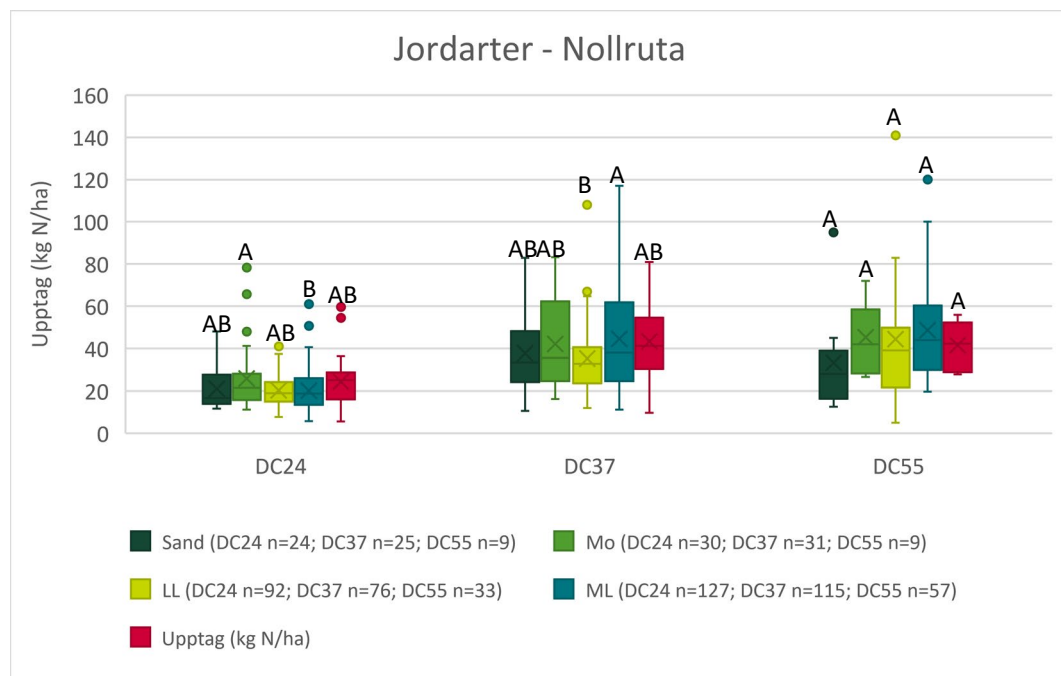
Figur 19: Kväveupptag i DC37 i region Öst för olika år. n= antalet fält där mätningar utfördes.

Region Väst har, som tidigare nämnts, ett lågt kväveupptag i både nollruta och gödslat fält (Figur 17). 2014–2016 låg kväveupptaget i fält endast på 65–70 kg N/ha medan det 2017–2019 låg över medel med ett upptag på 95–110 kg N/ha. Inga mätningar utfördes 2013. Region Syd har det högsta medelupptaget i fält, 95 kg N/ha (Figur 18). De lägsta kväveupptagen i Region Syd återfinns 2013 (77 kg N/ha), som var torrt (Figur 10), och 2018 (87 kg N/ha), som var varmt (Figur 4) och torrt. Även region Mitt hade ogynnsamma förhållanden 2018 med lägre upptag än medel (81 kg N/ha) i fältet (Figur 16). I region Öst var fältupptaget högst 2018 med 104 kg N/ha (Figur 19). Man skulle kunna formulera detta som att fram till slutet av juni kom Väst och Öst väldigt rimligt undan 2018 till skillnad från regionerna Mitt och Syd. Materialet ger ingen information om hur stora skördarna blev, vilket gör att det inte går att säga hur säsongen fortskred.

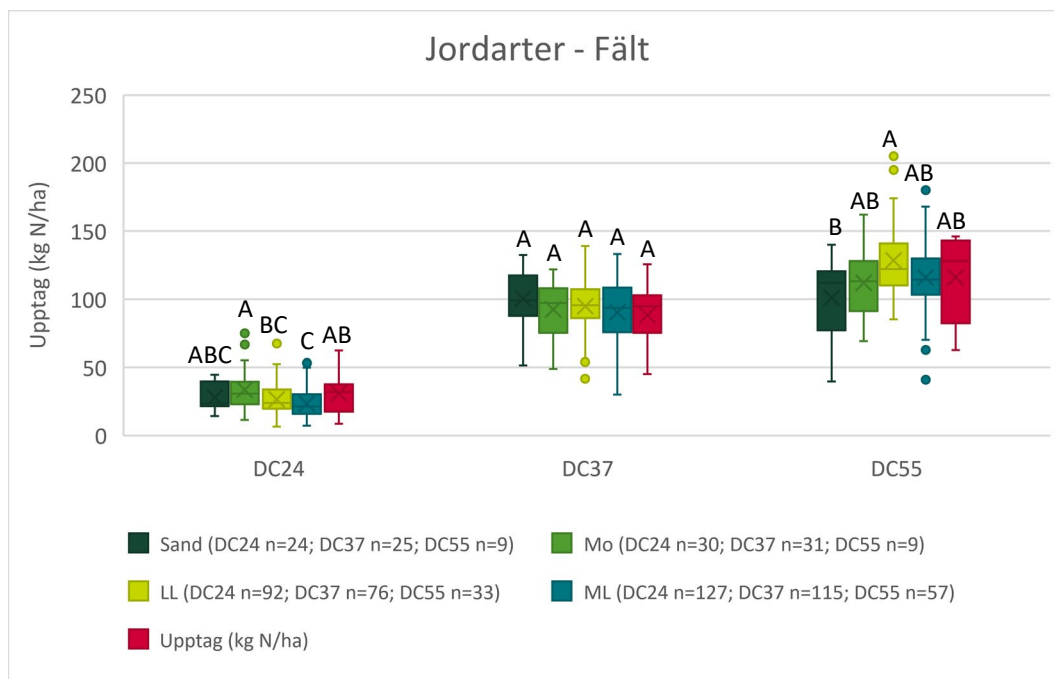
4.2. Markförhållanden

4.2.1. Jordart

I materialet har jordarterna sand, mo, lättlera (LL), mellanlera (ML) och styv lera (SL) dokumenterats. Jordart saknas för ca en fjärdedel av fälten. Majoriteten av fälten hade ML som dominerande jordfraktion. I nollrutorna vid DC24 hade fält med mo som dominerande jordfraktion signifikant högre upptag än fält med ML ($p < 0,05$; Figur 20). Även i gödslade fält med mo var upptaget signifikant högre än på ML ($p < 0,001$). Signifikanta skillnader i upptag kunde även ses mellan fält med jordarterna SL och ML ($p < 0,05$) samt mo och LL ($p < 0,05$) (Figur 21). I DC37 var upptaget signifikant högre på ML än på LL ($p < 0,05$) i nollrutorna, men inga skillnader kunde ses i gödslade fält. Tvärtom fanns det ett skillnader mellan LL och Sand i DC55 på de gödslade fälten, men inga skillnader i nollrutor. LL hade ett signifikant högre upptag än sand ($p < 0,05$). Eftersom resultaten är väldigt spridda mellan de olika utvecklingsstadierna och ingen jordart har högst eller lägst upptag under hela säsongen är det troligt att skillnaderna beror på något annat än jordarten. Jordarten skulle kunna ha betydelse för övervintring eftersom skillnaderna i kväveupptag är störst i DC24. Man skulle därför kunna tänka sig att jordarten också skulle kunna påverka kväveupptagets storlek. Dock saknas uppgifter om planttätheten på våren i det material som utvärderats.



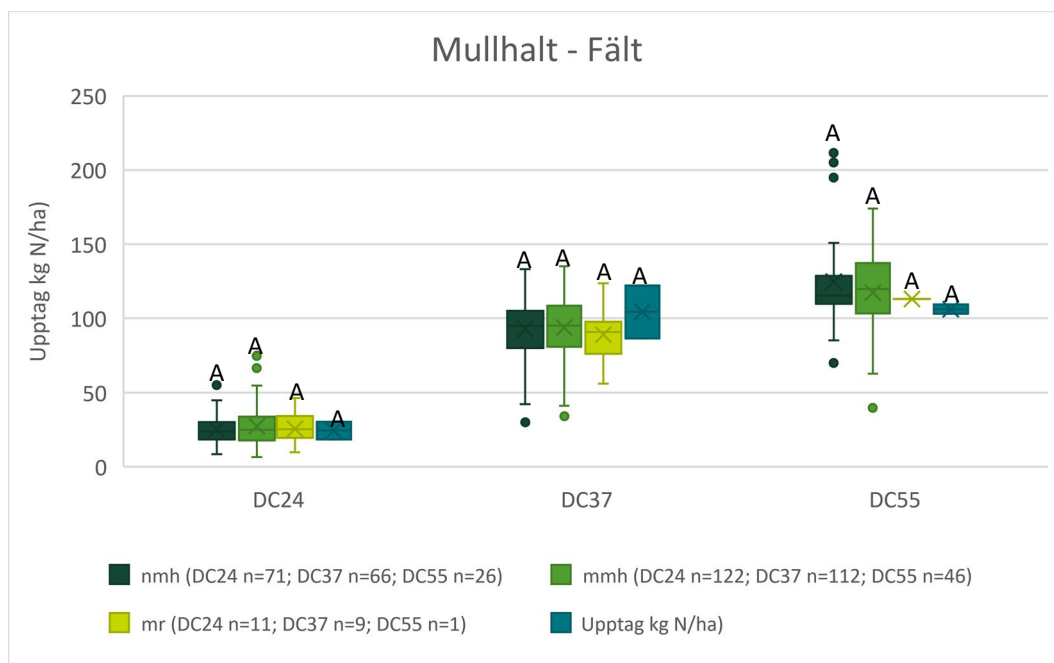
Figur 20: Kväveupptag i nollrutor vid DC24, DC37 och DC55 på olika jordarter. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadiet. LL=lättlera, ML=mellanlera och SL=styv lera. n= antalet fält där mätningar utförts.



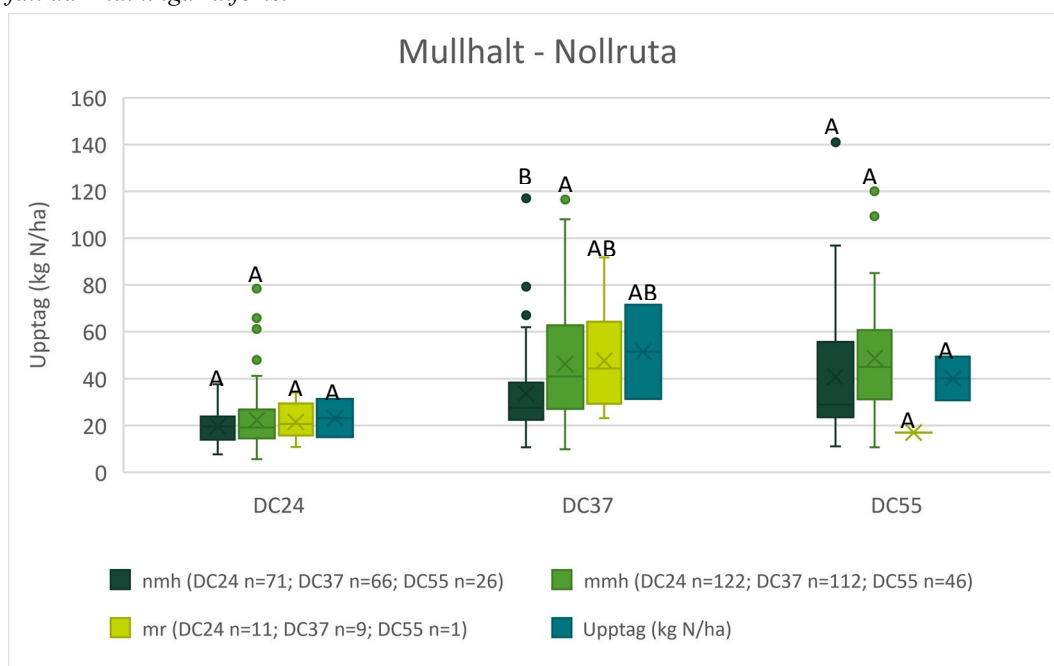
Figur 21: Kväveupptag i gödslat fält vid DC24, DC37 och DC55 på olika jordarter. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. LL=lättlera, ML=mellanlera och SL=styv lera. n= antalet fält där mätningar utförts.

4.2.2. Mullhalt

I materialet ingår majoriteten av fälten i kategorin måttligt mullhaltig jord (mmh = 3–6 % mull). Det var två fält som tillhörde gruppen mycket mullrik (mmr = 12–20 % mull), vilket var den högsta mullhalten i materialet. I DC55 hade endast en mätning utförts på mullrik jord (mr = 6–12 % mull). Dock fanns bara information om mullhalten från mindre än hälften av alla fält. Vid analys av kväveupptag för de olika mullhalterna syns inga signifikanta skillnader i de gödslade fälten i DC24, DC37 eller DC55 (Figur 22). I nollrutorna gav mmh signifikant högre upptag än nmh (något mullhaltig, 2–3 % mull; $p < 0,01$) i DC37 (Figur 23), men inga skillnader i DC24 eller DC55. I teorin bör en högre mullhalt medföra en högre mineralisering och därmed ett ökat N-upptag än en jord med lägre mullhalt. I gödslingsrekommendationerna från Jordbruksverket (2019) föreslås att gödslingsbehovet minskar med ökande mullhalt. Om mullhalten är högre än 4 % kan gödselgivan minskas med 2 kg N/ha per procentenhet mull. Det finns inga tecken på ökat kväveupptag av högre mullhalt här, men eftersom majoriteten av fälten har <6 % mull kan skillnaden eventuellt blir tydligare vid högre mullhalter.



Figur 22: Kväveupptag i gödslat fält vid DC24, DC37 och DC55 på jordar med olika mullhalt. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. mmh=måttligt mullhaltig, mmr=mycket mullrik, mr=mullrik och nmh=något mullhaltig. n= antalet fält där mätningar utförts.

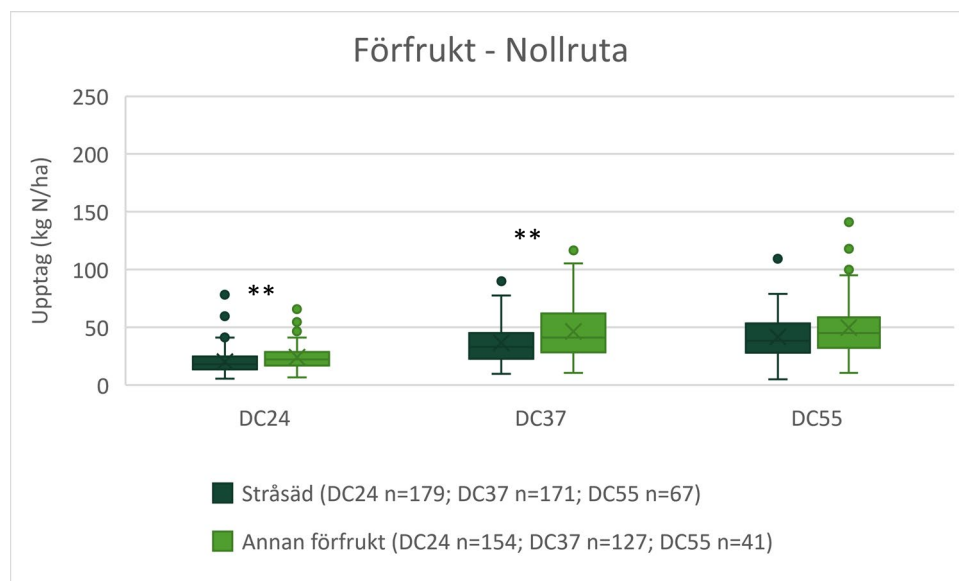


Figur 23: Kväveupptag i nollrutor vid DC24, DC37 och DC55 på jordar med olika mullhalt. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadie. mmh=måttligt mullhaltig, mmr=mycket mullrik, mr=mullrik och nmh=något mullhaltig. n= antalet fält där mätningar utförts.

4.3. Förfrukt

För att få en bild över hur förfruktseffekten förändras med utvecklingen har förfruktseffekten studerats i tre olika utvecklingsstadier, DC24, DC37 och DC55. Fält med förfrukter som återfanns <5 gånger i materialet exkluderades från analysen eftersom de ansågs utgöra ett alltför dåligt underlag för analys. Höstraps, ärt och stråsäd analyserades vid alla tre utvecklingsstadier som nämnts ovan, men även våroljeväxter och åkerböna med flera analyserades vid ett eller flera utvecklingsstadier.

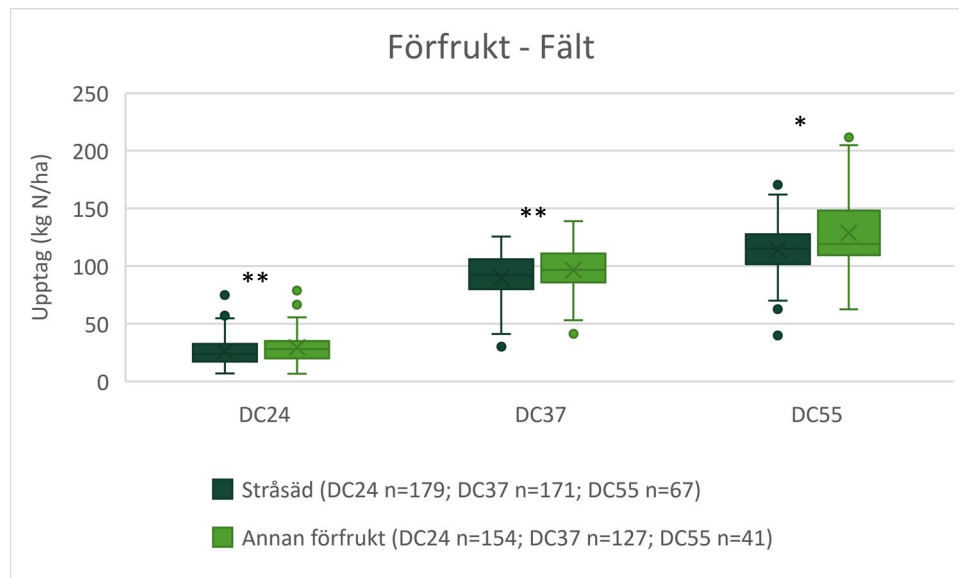
I nollrutorna hade höstvetete signifikant lägre N-upptag vid stråsäd som förfrukt än efter övriga förfrukter vid alla utvecklingsstadier som analyserats (DC24 $p < 0,001$; DC37 $p < 0,001$; DC55 $p = 0,0506$) (Figur 24). I DC55 var alltså skillnaderna inte lika stora som under tidigare utvecklingsstadier. En slutsats som kan dras utifrån detta är att effekten av förfrukten är tydligare tidigt under säsongen, och att under senare utvecklingsstadier minskar effekten när andra faktorer blir viktigare. Stråsäd hade i medel tagit upp 4 kg N/ha mindre än övriga förfrukter i DC24. I DC37 och DC55 var differensen 10 kg N/ha.



Figur 24: Jämförelse av kväueupptag i höstvetete i nollrutor mellan stråsäd och andra förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. n = antalet fält där mätningar utförts. ** = $p < 0,001$

Även i gödslat fält var skillnaden signifikant i alla utvecklingsstadier (DC24 $p < 0,01$; DC37 $p < 0,01$; DC55 $p < 0,05$) (Figur 25). I DC24 var skillnaden mellan upptaget i nollruta och gödslat fält väldigt liten (5,4 kg N/ha), vilket skulle kunna härledas till att grödan inte hunnit ta upp så mycket näring från en eventuell vårgödslingsling vid detta utvecklingsstadium. När grödan sedan börjar ta upp kväve från tillfört gödsel ökar skillnaderna i upptag mellan nollruta och fält. Man kan

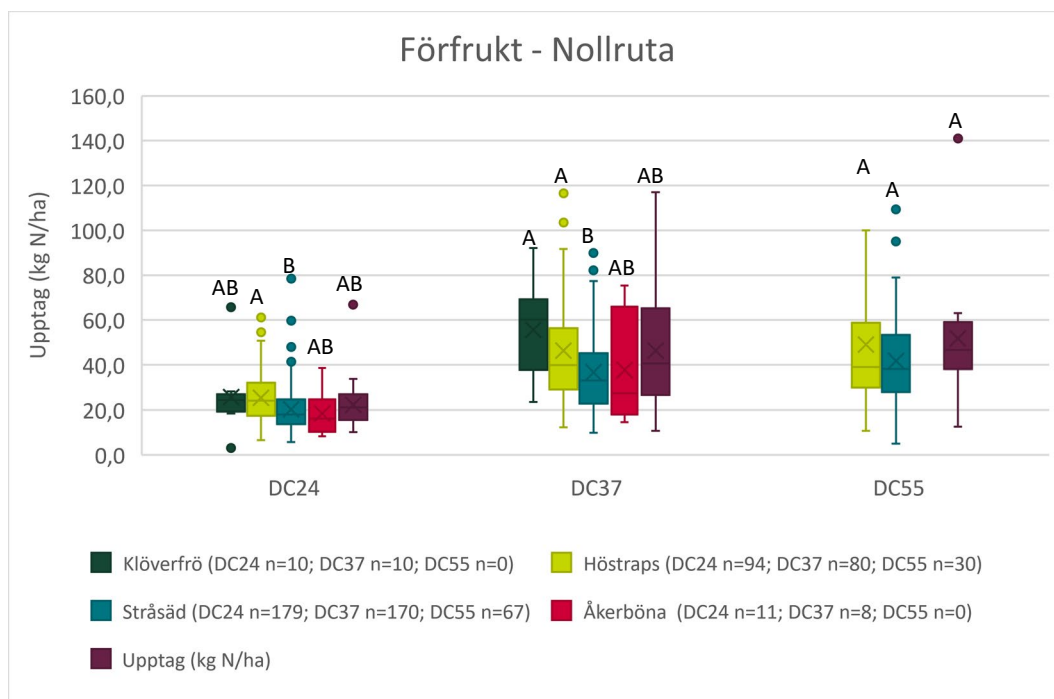
alltså se att en förfrukt annan än stråsäd är positiv för kväveupptaget under hela tillväxtperioden, men att skillnaden minskar med tillväxten.



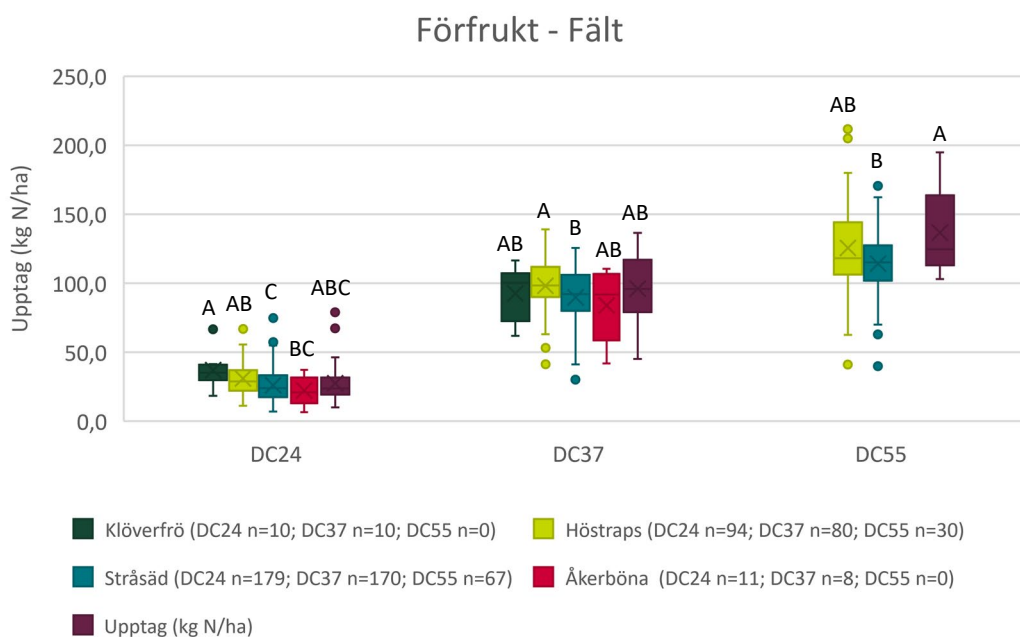
Figur 25: Jämförelse av kväveupptag i höstvet i gödslade fält mellan stråsäd och andra förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. n= antalet fält där mätningar utförts. ** = $p < 0,001$ * = $p < 0,005$

Vid närmare analys av nollrutorna utmärker sig fält med höstraps som förfrukt i de tidiga utvecklingsstadierna. Dessa fält har ett signifikant högre kväveupptag än fält med stråsäd som förfrukt (DC24 $p < 0,01$; DC37 $p < 0,01$) (Figur 26). I DC37 gav även klöverfrövall som förfrukt ett signifikant högre upptag än stråsäd ($p < 0,05$). I DC55 fanns inga skillnader i upptag mellan förfrukter. Bredvid, i det gödslade fältet, (Figur 27) var upptaget fortfarande signifikant högre efter höstraps i DC24 ($p < 0,01$) och DC37 ($p < 0,05$) än efter stråsäd. I DC24 hade även fält med klöver som förfrukt ett högre upptag än fält med stråsäd ($p < 0,05$) eller åkerböna ($p < 0,05$). I DC55 hade fält med ärt ett signifikant högre upptag än vete efter stråsäd ($p < 0,05$).

Vid en jämförelse mellan kväveefferverkan i nollrutan av olika förfrukter i DC37 och kväveefferverkan hämtad från *Rekommendationer för gödsling och kalkning 2020* (Jordbruksverket 2019; Tabell 3) har kväveupptaget här varit lägre än rekommendationerna. Utifrån det resultat som framkommit i denna studie skulle man eventuellt minska de uppskattade effekterna av olika förfrukter. De små variationerna skulle dock kunna bero på andra faktorer än förfrukt då materialet, som analyserats här, innehåller en stor variation av olika gårdar medan försöken bakom rekommendationerna jämförde efterverkan av förfrukter odlade på samma fält (Lindén 2008, se Jordbruksverket 2019). Jämförelsen är gjord med mätningar i DC37 för att grödan ska ha hunnit ta upp kväve från vårgödslingen.



Figur 26: Kväveupptag i höstvet i nollrutor efter olika förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadium. n= antalet fält där mätningar utförts.



Figur 27: Kväveupptag i höstvet i gödslade fält efter olika förfrukter vid DC24, DC37 och DC55. Staplar utan gemensam bokstav har signifikant olika upptag inom respektive utvecklingsstadium. n= antalet fält där mätningar utförts.

Tabell 3: Ökat kväveupptag i höstveten efter olika förfrukter i jämförelse med förfrukt stråsäd vid mätningar i nollrutor vid DC37 samt beräknad kväveeffekter vid en uppskattad kväveeffektivitet på 75 %. Jämförelsevärden från Rekommendationer för gödsling och kalkning 2020 för justerade kvävegivor (Jordbruksverket 2019).

	Mätningar från nollrutor 2013–2019		Jordbruksverket 2019
Förfrukt	Kväveupptag i nollruta (kg N/ha) ¹	Beräknad kväveeffekter (kg N/ha) ²	Kväveeffekter (kg N/ha) ³
Höstraps (n=80)	10	-14	-40
Foderärt (n=30)	10	-14	-35
Åkerböna (n=8)	1	-1,4	-25
Blandvall			-40
Klöverfrövall (n=30)	19	-27	

¹Merupptag av kväve jämfört med stråsäd som förfrukt

²Kväveeffekter av olika förfrukter, omräknat till gödselkvävebehov där gödselkvävet verkningsgrad är 75 %.

³Kväveeffekter till efterföljande gröda (kg N/ha) (Jordbruksverket 2019)

4.4. Metoddiskussion och vidare forskning

De flesta analyser i det här arbetet har utgått från en sammanslagning av mätningar från alla regioner. Det hade varit intressant att djupare analysera variationer mellan regioner och påverkan av de olika faktorerna i varje region. I analysen har inte fält med stallgödsel separerats från övriga fält. Detta skulle också varit en intressant analys.

För analysen av vädret hade det varit intressant att titta på om nederbörden påverkar kväveupptaget vid specifika tidpunkter eller intervaller, som till exempel mellan gödslingstillfällena och inför planerade odlingsåtgärder. Andra väderparametrar som skulle ha varit intressanta att studera är solinstrålning och hur den är korrelerad med temperatursumman samt hur vädret såg ut året innan.

Att använda Yara N-Sensor för att bedöma kväveupptaget i grödan är en bra metod eftersom den levererar resultat direkt. Den har också givit goda resultat för kväveskörd i nollrutor från DC37. I tidigare utvecklingsstadier är sambandet inte lika tydligt (Wetterlind 2010). Alternativa metoder för att bedöma kvävetillgången, som till exempel mineralkväveprov, tar ofta längre tid och är inte tillräckligt bra på att beskriva kvävebehovet (Pedersen u.å.).

5. Slutsatser

- I ogödslade rutor ökade inte kväveupptagen med ökande temperatursumma på samma sätt som i gödslat fält. Kvävetillgången var mer begränsande än temperaturen.
- Den ackumulerade nederbörden (jan-juni) är inte begränsande för kväveupptaget för perioden 2013–2019. Det syns inga effekter av nederbördsmängd under säsongen mellan utvecklingsstadierna DC24, DC37 och DC55.
- Jordarten verkar inte vara någon viktig faktor för kväveupptaget. Utvärderingen av datamaterialet i denna studie indikerar att gödselgivan inte bör sänkas för att kompensera för en högre kvävemineralisering av mullen för mullhalter upp till 6 %. Materialet innehöll för få fält med högre mullhalter för att det skulle vara möjligt att dra några större slutsatser.
- Klöverfrö, raps och ärt som förfrukt leder till ökad kvävetillgång.

Referenser

- Abrahamsson, P. & Bendelin, C. (2013). *Samband mellan negativa skördeavvikelser och nederbörd*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Lantmästarprogrammet. (Självständigt arbete LTJ-fakulteten).
- ATL (2017). *Rekordskörd väntas*. ATL. Tillgänglig: <https://www.atl.nu/lantbruk/rekordskord-vantas/> [2020-05-05]
- Babulicová, M. (2016). Enhancing of Winter Wheat Productivity by the Introduction of Field Pea into Crop Rotation. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, vol. 62 (3), ss. 101–110 Sciendo.
- Bhullar, S. & Jenner, C. (1985). Differential Responses to High-Temperatures of Starch and Nitrogen Accumulation in the Grain of 4 Cultivars of Wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, vol. 12 (4), ss. 363–375 Collingwood: C S I R O Publications.
- Eckersten, H. & Kornher, A. (2012). *Klimatförändringars effekter på jordbrukets växtproduktion i Sverige – scenarier och beräkningssystem*. Uppsala. Department of Crop Production Ecology (VPE). No. 14.
- Ektander, V. (2016) Ökat intresse för mikronäring. *Jordbruksaktuellt*. 1 mars. Tillgänglig: <https://www.ja.se/artikel/49778/kat-intresse-fr-mikronring.html> [2020-05-05]
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Fogelfors, H. (2015). *Vår mat: odling av åker- och trädgårdsgrödor: biologi, förutsättningar och historia*. Lund: Studentlitteratur.
- Friberg, H., Persson, P. & Funck Jensen, D. (2015). *Med sikte på IPM i vete: Överlevnad av stråbaspatogener på växtmaterial*. Uppsala: Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, samt Inst. för växtproduktionsekologi, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).
- Grant, C.A., O'Donovan, J.T., Blackshaw, R.E., Harker, K.N., Johnson, E.N., Gan, Y., Lafond, G.P., May, W.E., Turkington, T.K., Lupwayi, N.Z., McLaren, D.L., Zebbarth, B., Khakbazan, M., St Luce, M. & Ramnarine, R. (2016). *Residual effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on yield and crop and soil N dynamics of spring wheat and canola in varying environments on the Canadian prairies*. *Field Crops Research*, vol. 192, ss. 86–102 Amsterdam: Elsevier Science Bv.
- Guntinas, M.E., Leiros, M.C., Trasar-Cepeda, C. & Gil-Sotres, F. (2012). Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization: A laboratory study. *European Journal of Soil Biology*, vol. 48, ss. 73–80 Paris: Elsevier France-Editions Scientifiques Medicales Elsevier.

- Jordbruksverket. (2019). Rekommendationer för gödsling och kalkning 2020. *Jordbruksinformation*. (12). Tillgänglig: https://www2.jordbruksverket.se/download/18.6fd5d28c16f8ba7a70b48310/1578649240143/jo19_12v2.pdf [2020-04-01]
- Josefsson, H. (2014). Rekordskörd av vete. *SVT Nyheter*. 21 september. Tillgänglig: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vast/rekordskord-av-vete> [2020-05-05]
- Kätterer, T. (2018) *Mull/kol-balanser och hur de påverkas av odlingsåtgärder*. Tillgänglig: <https://adm.greppa.nu/download/18.366dd87a16741adaa569872d/1543166075933/katterer-kolinlagring-i-mark-2018-10-12.pdf> [2020-05-31]
- Lindén, B. (2008). *Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång: en litteraturöversikt*. Skara: Avdelningen för precisionsodling, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 14.
- Link, A., Jasper, J. & Olf, H.-W. (2004). *Variable Nitrogen Fertilization by Tractor-Mounted Remote Sensing*. Dülmen, Germany: Yara International Research Centre for Plant Nutrition Hanninghof
- Link, A., Panitzki, M., Reusch, S. & Lammel, J. (2002). *Hydro N-Sensor: Tractor-mounted remote sensing for variable nitrogen fertilization*. Dülmen, Germany: Hydro Agri, Centre for Plant Nutrition Hanninghof
- Niléhn, A. (2019). Rekordskörd på G. *Lantbruksnytt*. 20 augusti. Tillgänglig: <https://lantbruksnytt.se/rekordskord-g/> [2020-05-05]
- Olsson, C. (2015). Jordbruksverket: Största skörden på 25 år. *Land Lantbruk*. 19 augusti. Tillgänglig: <https://www.landlantbruk.se/uncategorized/jordbruksverket-storsta-skorden-pa-25-ar/> [2020-05-05]
- Pedersen, M. *Metoder som har provats för att bestämma gödslingsnivån i höstvet, samt en utvärdering av den skånska kvävestegen i höstvet 2000-2009* Tillgänglig: http://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2015/04/rapport-kvavestyrning_2009.pdf [2020-05-31]
- van der Ploeg, R.R., Böhm, W. & Kirkham, M.B. On the Origin of the Theory of Mineral Nutrition of Plants and the Law of the Minimum. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 1999 (63), ss. 1055–1062
- Precisionsodling Sverige CropSAT – gödsla rätt med satellitdata. Tillgänglig: <https://pos.agrovast.se/verktygsportal/cropsat-godsla-ratt-med-satellitdata/> [2020-05-31]
- Precisionsskolan (u.å.). *Precisionsskolan | POS – Precisionsodling Sverige*. Tillgänglig: <https://pos.agrovast.se/precisionsskolan/> [2020-06-01]
- Sieling, K. & Christen, O. (2015). Crop rotation effects on yield of oilseed rape, wheat and barley and residual effects on the subsequent wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 61 (11), ss. 1531–1549
- Skogenscyklopedin. (2000). *Temperatursumma, värmesumma, T-sum*. Tillgänglig: <https://www.skogen.se/glossary/temperatursumma-varmesumma-t-sum> [2020-05-08]
- SMHI Luftwebb (u.å.) *Klimatdata för miljöövervakning*. Tillgänglig: <http://luftwebb.smhi.se/> [2020-05-09]

- SMHI (u.å.) Ladda ner meteorologiska observationer Tillgänglig:
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureMean24h,stations=active>
[2020-05-09]
- Svensk raps (2008) *Nyhetsbrev varoljevaxter 2 Gödsling*. Tillgänglig:
http://www.svenskraps.se/oljevaxt/nyhetsbrev-varoljevaxter-2_2008-02_godsling.pdf [2020-05-04]
- Söderström, M. (2016). Hur funkar CropSat? *Avensis*. 2016 (3) Tillgänglit:
<https://pos.agrovast.se/wp-content/uploads/sites/5/2019/01/2273.pdf>
[2020-05-31]
- Wesström, I., Geranmayeh, P., Joel, A. & Ulén, B. (2016). *Översvämningar på jordbruksmark – utredning av konsekvenser på mark och produktion*. Uppsala: Institutionen för mark och miljö. Tillgänglig:
https://pub.epsilon.slu.se/13612/7/wesstrom_i_etal_160915.pdf [2020-05-31]
- Wetterlind, J. (2010). *Mätningar med Yara N-sensor för att skatta markens kvävelevererande förmåga*. Uppsala: Institutionen för Mark och Miljö. Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/4667/1/wetterlind_j_100506.pdf
[2020-05-31]
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, vol. 14 (6), ss. 415–421

Tack

Ett stort tack till min handledare Karin Hamnér som varit till stor hjälp i skapandet av detta arbete. Jag vill också tacka Pernilla Kvarmo, Maria Stenberg, Emelie Andersson, Ulrika Listh och Emma Hjelm på Jordbruksverket som tillhandahållit material och svarat på frågor.